ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 SEPTEMBRE 1961.

Présidence de M. Paul MONTEL.

PRÉSENTATION DE SAVANTS ÉTRANGERS.

M. **Jean Lecomte** signale la présence de M. **Harald Hirburg Nielsen**, Directeur du département de physique à l'Université de Columbus, Ohio. M. le Président souhaite la bienvenue à celui-ci et l'invite à prendre part à la séance.

OUVRAGES PRÉSENTÉS OU REÇUS.

M. **Charles Maurain** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage dont il est l'auteur : *L'étude physique de la terre. Intérieur, couche superficielle, atmosphère.*

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Robert Courrier** :

Muséum national d'histoire naturelle. *Objets et Mondes. La Revue du Musée de l'homme* (fondée par M. Jacques Millot). Tome I, fasc. 2.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Guy Lefort. *Algèbre et analyse. Exercices.* Illustration du cours de mathématiques générales.

2° Agence internationale de l'énergie atomique. *Services et assistance technique offerts par l'A.I.E.A.*

3° United States atomic energy commission. *Introduction to nonlinear differential and integral equations.*

4° *Muzeul de istorie naturală Grigore Antipa*, 1831-1961. (Bucuresti).

DÉLÉGATIONS.

M. **Paul Montel** est désigné pour représenter l'Académie, avec MM. **André Danjon** et **André Léauté**, à la Cérémonie d'inauguration du monument de **Félix Tisserand**, qui aura lieu à Nuits-Saint-Georges, le 7 octobre 1961.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MAGNÉTISME. — *Sur le calcul de la susceptibilité additionnelle superantiferromagnétique des grains fins et sa variation thermique.* Note (*) de M. **Louis Néel**.

On calcule par une méthode rigoureuse la susceptibilité additionnelle superantiferromagnétique initiale des grains fins et, après avoir établi la notion de moment d'extrémité, on justifie le type d'équation différentielle établi antérieurement, régissant à l'intérieur du grain la variation de φ, angle de la direction d'antiferromagnétisme avec le champ magnétique. On étudie ensuite la relation entre le moment d'extrémité et le moment des plans réticulaires intérieurs et l'on en déduit la variation thermique de la susceptibilité additionnelle.

Dans une Note antérieure ([1]), que nous désignerons désormais sous le nom de Note A, nous avons étudié le problème du *superantiferromagnétisme* de grains très fins d'une substance antiferromagnétique. Il s'agit d'antiferromagnétiques à deux sous-réseaux formés d'une famille de plans réticulaires parallèles successifs, dits *plans réticulaires actifs*, les plans d'ordre impair formant l'un des sous-réseaux, les plans d'ordre pair formant l'autre. Les grains sont supposés formés d'un nombre pair n de ces plans, d'équidistance e et possédant un moment magnétique permanent et invariable de grandeur M identique pour tous les plans. Les orientations de ces moments dépendent du champ appliqué H et des interactions magnétiques entre les plans, définies par les énergies $n_1 M^2 \cos\psi$ ou $n_2 M^2 \cos\psi$ attachées respectivement à un couple quelconque de plans proches voisins ou à un couple quelconque de plans seconds voisins, ψ désignant l'angle mutuel des moments des deux plans du couple considéré; les énergies attachées aux couples de plans plus éloignés sont négligées, ainsi que les énergies magnétocristallines.

En admettant notamment que les angles définissant l'orientation des moments sont des fonctions continues de la distance x des plans réticulaires actifs au centre du grain, nous avons montré que pour $n_2 = 0$ la susceptibilité initiale de ces grains était deux fois plus grande que celle de l'antiferromagnétique massif correspondant, le domaine de champ magnétique à l'intérieur duquel cette augmentation de susceptibilité restait sensible, s'étendant jusqu'à $4n_1 M/n$.

Étant donné l'intérêt de ce résultat et les objections susceptibles d'être soulevées contre la méthode de calcul employée, il importe de reprendre la question par une méthode rigoureuse : nous écrirons maintenant que le moment de chacun des plans est en équilibre sous l'action du champ H et des forces exercées par les plans voisins. Nous supposons simplement

que H est assez petit pour que tous les plans soient approximativement perpendiculaires à la direction du champ, de sorte que le couple exercé par le champ sur le moment du $p^{\text{ième}}$ plan soit égal à $(-1)^p MH$: ceci correspond à des valeurs de H petites vis-à-vis de $4n_1 M/n$.

Soit alors $\vec{M}_p$ le moment du $p^{\text{ième}}$ plan et $\vec{D}_p$ un vecteur unitaire parallèle à $\vec{M}_p$ lorsque p est impair et antiparallèle à $\vec{M}_p$ lorsque p est pair. Désignons par ε_p l'angle de $\vec{D}_{p+1}$ avec $\vec{D}_p$: les $p-1$ valeurs de ε_p sont par hypothèse petites devant l'unité. La condition d'équilibre de M_p s'écrit

(1) $$\varepsilon_p - \varepsilon_{p-1} - \rho(\varepsilon_{p+1} - \varepsilon_{p-2}) = (-1)^{p-1}\mu,$$

après avoir posé pour simplifier l'écriture :

(2) $$\rho = \frac{n_2}{n_1 - n_2} \qquad \text{et} \qquad \mu = \frac{H}{M(n_1 - n_2)}.$$

L'équation (1) est valable pour toutes les valeurs de p à condition de convenir que $\varepsilon_{-1} = \varepsilon_0 = \varepsilon_n = \varepsilon_{n+1} = 0$. Le système des n équations ainsi obtenues est symétrique en ce sens qu'on retrouve les mêmes équations en changeant p en $n-p$.

En tenant compte de cette symétrie, la solution générale de (1) s'écrit :

(3) $$\varepsilon_p = (-1)^{p-1} A + B(\lambda^{p-1} + \lambda^{n-p-1}) + D.$$

Après substitution dans (1) on trouve que A est donné par

(4) $$2A(1+\rho) = \mu,$$

et que λ est la plus petite des deux racines de l'équation

(5) $$\lambda^2 + \lambda\left(1 - \frac{1}{\rho}\right) + 1 = 0.$$

Pour que les racines soient réelles, il faut que ρ soit plus petit que 1/3, c'est-à-dire que $4n_2$ soit plus petit que n_1. Rappelons que si $4n_2$ est plus grand que n_1 nous n'avons plus affaire à une substance antiferromagnétique, mais à une substance *hélimagnétique* du type décrit par Yoshimori d'une part et Villain, Mériel et Herpin d'autre part (2).

Les deux constantes B et D s'obtiennent en écrivant que ε_1, ε_2, ε_3 satisfont aux deux équations (1) correspondant à $p = 1$ et $p = 2$, ce qui donne le système suivant :

(6) $$\left\{\begin{aligned} &D(1-\rho) + B(1 - \rho\lambda - \rho\lambda^{n-3} + \lambda^{n-2}) = \frac{\mu}{2}, \\ &D\rho + B(1 - \lambda + \rho\lambda^2 + \rho\lambda^{n-4} - \lambda^{n-3} + \lambda^{n-2}) = \frac{\mu\rho}{2(1+\rho)}. \end{aligned}\right.$$

Les valeurs de ε_p étant ainsi complètement déterminées, le moment $\overline{M}$ induit dans le grain par le champ H s'obtient en associant les moments

deux à deux : 1 et 2, 2 et 3, etc.; le moment résultant de chacun de ces couples est parallèle à H, on a donc

$$\overline{M} = (\varepsilon_1 + \varepsilon_3 + \varepsilon_5 + \ldots + \varepsilon_{n-1})M \tag{7}$$

et finalement

$$\overline{M} = \frac{1}{2} nM(A + D) + 2BM\frac{1-\lambda^n}{1-\lambda^2}. \tag{8}$$

Le moment induit est ainsi la somme de trois termes dont le dernier, en B, indépendant de n, représente un effet de bord localisé à la surface du grain qui est négligeable quand ρ est petit ou quand n atteint quelques dizaines. On peut alors écrire simplement $\overline{M} = n(S_0 + S_a)H$, après avoir posé $S_0 = MA/2$ et $S_a = MD/2$. En remplaçant A par sa valeur donnée en (4), on constate que S_0, égal à $1/(4n_1)$, est simplement la susceptibilité de l'état massif rapportée à un plan. Le deuxième terme $M_a = nS_a H$ représente donc un moment induit additionnel, lié à la division en grains : S_a est la susceptibilité additionnelle.

Quand ρ est petit, nous obtenons

$$S_0 = \frac{1}{4n_1} \qquad \text{et} \qquad S_a = \frac{1}{4n_1}\left[1 + 2\rho + 2\rho^2\left(3 - \frac{4}{n}\right) + \ldots\right].$$

Pour $\rho = 0$, le résultat est identique à celui de la Note A qui donnait avec les notations actuelles $S_a = 1/4n_1[(1+\rho)/(1-3\rho)]$. Quand ρ est différent de zéro, le résultat est un peu différent.

Le moment d'extrémité. — Remarquons qu'en négligeant toujours les effets de bord (termes en B), nous obtenons

$$(n-1)D = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \ldots + \varepsilon_{n-1},$$

dont le deuxième membre est simplement égal à l'angle dont la direction d'antiferromagnétisme Δ tourne dans l'épaisseur du grain. Soit alors φ l'angle de Δ avec H. Au centre du grain, par raison de symétrie $\varphi = \pi/2$ et aux deux extrémités $\varphi = \varphi_0$ et $\varphi = \pi - \varphi_0$. A $1/n$ près, on a donc $\pi/2 - \varphi_0 = nD/2$.

Le moment additionnel M_a peut alors s'écrire $M_a = M\sin(\pi/2 - \varphi_0)$ et l'on peut le considérer comme la projection sur la direction du champ magnétique appliqué de deux moments $+(1/2)M$ et $-(1/2)M$, liés aux extrémités du grain et parallèles à la direction locale d'antiferromagnétisme. Nous donnons à ces deux moments le nom de *moments d'extrémités*. Un raisonnement direct permet de rendre compte de l'existence et de la valeur d'un tel moment qui doit évidemment changer de signe sans changer de grandeur quand on ajoute au grain un plan réticulaire actif supplémentaire : le moment d'extrémité est donc égal à la moitié de la variation du moment total du grain produite par l'addition d'un plan réticulaire actif supplémentaire. Comme cette variation est égale à M, le moment d'extrémité est égal à $(1/2)M$.

Cas des champs élevés. — La méthode précédente ne s'applique plus lorsque $\pi/2 - \varphi_0$ n'est plus négligeable devant l'unité. Utilisons maintenant la notion de moment d'extrémité. La torsion de la direction d'antiferromagnétisme, mesurée par la valeur de la dérivée $\varphi' = d\varphi/dx$, où φ est une fonction continue de x, correspond à un couple Γ_1 qui est équilibré aux extrémités du grain par les couples $\pm (1/2)$ MH dus à l'action du champ sur les moments d'extrémités. Comme dans la demi-épaisseur $L = (1/2)(n - 1)e$ du grain, la direction Δ tourne dans le sens négatif d'un angle $\pi/2 - \varphi_0$, on peut écrire la suite d'égalités établissant une relation entre φ' et Γ_1 :

$$(9)\qquad -\varphi' = -\frac{d\varphi}{dx} = \frac{2}{en}\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_0\right) = \frac{2M_a}{enM} = \frac{2S_aH}{eM} = \frac{4S_a}{eM^2}\Gamma_1.$$

Cette relation de proportionnalité, établie lorsque $\pi/2 - \varphi_0$ est petit, reste valable pour des valeurs de l'ordre de $\pi/2$ puisque c'est la petitesse des ε_p, $n/2$ fois plus petits que $\pi/2 - \varphi_0$, qui est en réalité la condition essentielle.

Ceci posé, un élément dx contenant dx/e plans et soumis à un champ H subit, lorsque φ est différent de $\pi/2$, un couple $\Gamma_2\,dx$ dû à ce que sa susceptibilité est égale à $S_0\,dx/e$ dans la direction perpendiculaire à Δ et égale à zéro dans la direction parallèle, soit

$$(10)\qquad \Gamma_2 = \frac{S_0H^2 \sin\varphi \cos\varphi}{e}.$$

L'élément dx est en équilibre quand la somme du couple $\Gamma_2\,dx$ et des deux couples $-\Gamma_1$ et $\Gamma_1 + (d\Gamma_1/dx)\,dx$ agissant sur ses deux extrémités est nulle, ce qui donne

$$(11)\qquad \frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{4H^2S_0S_a}{e^2M^2}\sin\varphi\cos\varphi = 0;$$

aux deux extrémités du grain, la solution doit satisfaire aux conditions aux limites déduites de (9) qui prennent la forme

$$(12)\qquad -\varphi'_0 = \frac{2S_aH}{eM}\sin\varphi_0.$$

Les deux équations (11) et (12) sont identiques aux équations (7) et (8) de la Note A, quand $n_2 = 0$. Elles en diffèrent légèrement lorsque n_2 est différent de zéro. Cependant l'équation (10) et les suivantes, dans la même Note A, restent valables si l'on remplace les équations (9), qui définissent θ et h, par les suivantes :

$$(13)\qquad \mathrm{tg}^2\theta = \frac{S_a}{S_0};\qquad h = \frac{nS_0H}{M},$$

avec les valeurs de S_a et de S_0 données plus haut. Toutes les conclusions de la Note A restent naturellement valables.

La torsion de la direction d'antiferromagnétisme, mesurée par φ', ne fait intervenir que les propriétés intérieures du grain et notamment le moment M_0 des plans réticulaires actifs intérieurs : il en est donc de même du couple Γ_1. Désignons maintenant par $1/2\,M_e$ le moment d'extrémité. Nous avons jusqu'ici supposé que M_e était égal à M_0, mais si ce n'est pas le cas et si par exemple M_e est q fois plus petit que M_0 il faut pour équilibrer la même torsion faire agir un champ q fois plus grand tandis que le moment induit, proportionnel à M_e, est q fois plus petit. Dans le cas général, la susceptibilité additionnelle S'_a est donc proportionnelle à M_e^2, soit

$$S'_a = \frac{S_a M_e^2}{M_e^2}. \tag{14}$$

Variation thermique du moment d'extrémité. — L'hypothèse admise plus haut de l'identité des valeurs de M, quel que soit p, n'est valable qu'au voisinage du zéro absolu : il n'en est pas de même au voisinage du point Θ_N de Néel puisque dans cette région le moment dépend beaucoup du champ moléculaire et que les plans réticulaires superficiels n'ayant qu'un seul plan proche voisin sont soumis à un champ moléculaire plus faible que les plans intérieurs.

La valeur S_a de la susceptibilité additionnelle, calculée plus haut est donc celle qui correspond au zéro absolu. Pour déterminer la susceptibilité additionnelle S'_a à la température T, il faut donc calculer M_e en fonction de T. C'est un problème compliqué car M_e dépend des valeurs de n_1, n_2 et des interactions entre atomes d'un même plan réticulaire actif, mesurées par un coefficient n_0. Nous nous contenterons d'examiner le cas où seul le coefficient n_1 n'est pas nul. La détermination analytique des moments magnétiques M_p des plans successifs, à partir du plan superficiel $p = 1$, n'est pas simple dans le cas général : il est préférable de recourir à une méthode numérique. Il suffit pour cela de disposer d'une bonne table donnant les valeurs du moment d'un plan réticulaire actif supposé isolé en fonction du champ magnétique agissant. On choisit alors *a priori* une valeur de M_1, on en déduit le champ h_1 ayant créé M_1 et qui est dû au moment M_2 du deuxième plan qu'on peut ainsi calculer. On en déduit h_2 qui est dû à l'action déjà connue de M_1 et à celle de M_3 qu'on peut ainsi déterminer et ainsi de suite. Si M_1 est égal à la valeur cherchée, les valeurs de M_p tendent vers M_0, moment magnétique spontané correspondant à l'état massif facilement calculable d'autre part. En pratique, la convergence est très rapide de sorte qu'il suffit de calculer quatre ou cinq termes pour savoir si la valeur M_1 choisie est trop petite ou trop grande.

Une fois connues les valeurs de M_p, on en déduit les valeurs du moment d'extrémité en appliquant sa définition donnée plus haut, à savoir la limite pour p infini de l'expression

$$\frac{1}{2}M_e = M_1 - M_2 + M_3 - \ldots - M_{2p} + \frac{1}{2}M_{2p+1}.$$

Nous avons ainsi calculé pour $j = 1/2$, $n_0 = n_2 = 0$, les valeurs de M_0/M_s, M_1/M_s, M_e/M_s, S'_a/S_a données dans le tableau suivant en fonction de T/Θ_N; nous désignons par M_s le moment à saturation absolue d'un plan réticulaire actif.

$\frac{T}{\Theta_N}$	0.	0,20.	0,25.	0,31.	0,35.	0,39.	0,47.	0,52.	0,60.	0,67.	0,76.
$\frac{M_0}{M_s}$	1	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,95	0,91	0,86	0,76
$\frac{M_1}{M_s}$	1	0,99	0,96	0,93	0,89	0,85	0,77	0,70	0,61	0,52	0,39
$\frac{M_e}{M_s}$	1	0,97	0,93	0,85	0,79	0,72	0,58	0,51	0,40	0,33	0,23
$\frac{S'_a}{S_a}$	1	0,95	0,86	0,73	0,63	0,53	0,36	0,29	0,20	0,15	0,09

Il est possible de compléter ce tableau quand la température devient voisine de Θ_N, car on peut linéariser et traiter analytiquement le problème en développant en série le moment magnétique en fonction du champ. Après avoir posé $f^2 = (\Theta_N - T)/\Theta_N$, on trouve ainsi que le moment du $p^{\text{ième}}$ plan est égal à $(-1)^{p-1} M_0 \operatorname{th} pf$ et que le moment d'extrémité est donné approximativement par $(1/2)\, M_e = (1/4)\, M_0 f$. On obtient donc dans cette région de température $S'_a/S_a = f^2/4$.

Il faut surtout retenir de cet ensemble de résultats, établis à partir de la théorie du champ moléculaire, que la variation thermique de la susceptibilité additionnelle est considérable : elle est déjà réduite de moitié pour $T = 0,4\,\Theta_N$ et des 4/5e pour $T = 0,6\,\Theta_N$.

(*) Séance du 18 septembre 1961.

(1) L. NÉEL, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 203.

(2) HERPIN, MÉRIEL et VILLAIN, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 1334; HERPIN et MÉRIEL, *Ibid.*, 250, 1960, p. 1450; A. YOSHIMORI, *J. Phys. Soc.* (Japan), 14, 1959, p. 807.

(*Laboratoire d'Électrostatique et de Physique du Métal, Institut Fourier, place du Doyen-Gosse, Grenoble.*)

IMMUNOLOGIE. — *Des anatoxines et des vaccinations anatoxiques et en particulier de la vaccination antidiphtérique. Ses résultats en France et dans le monde.* Note (*) de M. **Gaston Ramon.**

Dans toutes les collectivités, dans toutes les villes, dans tous les pays du monde où la vaccination au moyen de l'anatoxine diphtérique a été systématiquement et correctement appliquée pendant un temps suffisamment long et chez un pourcentage élevé des sujets les plus réceptifs, la diphtérie, maladie épidémique à caractère envahissant, devient de plus en plus rare et tend à disparaître complètement.

Depuis 1923, nous avons exposé, dans des publications répétées périodiquement [1], les résultats détaillés progressivement obtenus dans l'application de la vaccination contre la diphtérie. Nous donnerons ici les résultats globaux enregistrés à ce jour, en premier lieu dans la *France* entière.

Si l'application systématique d'une méthode de vaccination est relativement facile dans une collectivité comme l'Armée dans laquelle intervient une discipline imposée, cette application est beaucoup plus difficile et plus lente à réaliser dans l'ensemble d'un pays comme la France, dans les centres urbains et dans les communes rurales. Aussi, pour diverses raisons, à savoir, d'une part les entraves mises par les détracteurs des méthodes d'immunisation à l'exécution des Lois et Règlements édictés à dater de 1938 et, d'autre part la guerre qui avait désorganisé les Services d'hygiène et de prophylaxie, la vaccination antidiphtérique ne devait atteindre un important développement qu'à partir de 1945. Ce développement s'est traduit par une diminution de plus en plus forte de la morbidité et de la mortalité par diphtérie.

C'est ainsi que, comme le montrent les statistiques épidémiologiques, la morbidité diphtérique qui était chaque année, en France, avant 1924, de plusieurs dizaines de milliers de cas est tombée à 2 514 cas en 1953; à 1525 cas en 1956; à 1234 cas en 1959. La mortalité par diphtérie s'est trouvée, de même, progressivement réduite ainsi qu'en témoignent les nombres du tableau I.

Tableau I.

Mortalité annuelle par diphtérie dans la France entière.

Avant 1924	3 000 décès (moyenne annuelle)
En 1946	1 996 »
» 1949	306 »
» 1952	114 »
» 1955	82 »
» 1958	43 »
» 1959	41 »

Donc la mortalité due à la diphtérie est passée en France, par l'usage de la vaccination anatoxique, de 1996 décès en 1946 à 41 décès en 1959.

Il y a 70 ans, la diphtérie faisait, à Paris, 1500 victimes par an, aujourd'hui elle n'en fait pratiquement plus.

A peine avions-nous jeté en 1923, les bases de l'immunisation active contre la diphtérie au moyen de l'anatoxine, à peine les résultats des essais initiaux pratiqués en France à la fin de 1923 et au début de 1924, étaient-ils connus que la méthode pénétra à l'étranger, en premier lieu au Canada et aux États-Unis.

Au Canada, c'est tout au début de l'année 1925 que la lutte contre la diphtérie, à l'aide de l'anatoxine, est entreprise par Fitz-Gerald et ses collaborateurs. « Il a fallu attendre 1925, ont écrit ceux-ci, pour que l'accord général se fasse, entre les hygiénistes du Canada, sur un agent convenable d'immunisation. En cette année-là, à la suite des travaux de Ramon, l'anatoxine diphtérique préparée par les « Laboratoires Connaught » de l'Université de Toronto, était distribuée dans tout le Canada » ([2]). Les résultats ne tardèrent pas à affirmer la valeur de la méthode. Ils sont relevés dans le tableau II qui donne les statistiques de morbidité et de mortalité diphtériques ([3]), d'une part dans l'ensemble du Canada, d'autre part dans la ville de Toronto.

TABLEAU II.

Morbidité et mortalité diphtériques.

Ensemble du Canada.			*Ville de Toronto.*		
Années.	Cas.	Décès.	Années.	Cas.	Décès.
1921	13 239	1 297	1920	2 256	224
1943	2 084	287	1929	1 022	65
1948	898	139	1934	22	0
1953	131	15	1940	21	0
1958	66	6	1948	0	0
1959	37	0	1958	0	0

Ainsi, aujourd'hui on ne meurt plus de diphtérie ni à Toronto, ni dans l'ensemble du Canada, grâce à la vaccination par l'anatoxine diphtérique, grâce aussi aux campagnes de vaccination bien organisées, d'abord à partir de 1930 par le « Comité de l'anatoxine de Toronto », puis par la « Ligue canadienne de Santé » qui tient, chaque année, depuis 1942, la « Semaine nationale d'immunisation ».

Aux États-Unis, de même qu'au Canada, la méthode de vaccination par l'anatoxine diphtérique fut importée de France en 1924.

William H. Park (Directeur des Services d'Hygiène de la ville de New York), auteur lui-même d'un procédé de vaccination contre la diphtérie au moyen d'un mélange de toxine et d'antitoxine diphtériques, n'a pas hésité à l'abandonner pour adopter la méthode de vaccination anatoxique. Il écrivait en 1937 : « Dès 1924, Zingher et moi reconnaissions la supériorité de l'anatoxine de Ramon sur le mélange de toxine et d'antitoxine. Nous basions cette supériorité sur le fait que l'anatoxine est :

1° plus stable; 2° plus facile à préparer; 3° inoffensive si elle est incidemment congelée; 4° plus efficace; 5° non sensibilisante » ([4]). De son côté, Zingher avait déclaré en 1925 : « L'anatoxine diphtérique est une préparation idéale pour l'immunisation active contre la diphtérie » ([5]). Sous de tels auspices, la vaccination prit rapidement son essor et porta progressivement ses fruits aux États-Unis ainsi que le montre le tableau III.

TABLEAU III.

Morbidité et mortalité diphtériques.

Au États-Unis.			*A New York.*		
Années.	Cas.	Décès.	Années.	Cas.	Décès.
Avant 1925.......	100 000	15 000	Avant 1920.......	15 000	1 200
En 1940.......	?	1 457	En 1930.......	2 794	198
» 1953.......	2 355	156	» 1940.......	386	10
» 1955.......	1 984	150	» 1950.......	72	2
» 1957.......	1 211	81	» 1952.......	15	1
» 1959.......	934	60	» 1954.......	?	1

Sous l'influence de la vaccination par l'anatoxine, la morbidité diphtérique tombe aux États-Unis de plus de 100 000 cas (moyenne annuelle) avant 1925 à 934 en 1959 et la mortalité de 15 000 décès par an (malgré la sérothérapie pourtant bien appliquée) avant 1925 à 60 en 1959. A New York, on enregistrait 1200 décès (moyenne annuelle) par diphtérie avant 1920 et un seul en 1954.

Dans le *Royaume-Uni*, dans un rapport publié en 1953 ([6]), il était mentionné : « Commencée seulement en 1941, la campagne nationale de vaccination antidiphtérique, bien que tardive (la France, le Canada et les États-Unis nous ont précédés dans la généralisation de la vaccination) a eu des résultats extrêmement satisfaisants », cela grâce aux efforts déployés par les Organisations médicales et les Services d'hygiène fortement appuyés par les Pouvoirs publics. Les statistiques que nous reproduisons dans le tableau IV prouvent à l'évidence que la morbidité et la mortalité diphtériques n'ont cessé de diminuer en Grande-Bretagne, à dater de 1942, à mesure que s'accroissait le pourcentage des sujets vaccinés.

TABLEAU IV.

Morbidité et mortalité diphtériques.

En Angleterre et dans le pays de Galles.			*En Écosse.*		
Années.	Cas.	Décès.	Années.	Cas.	Décès.
1941............	50 797	2 641	1941............	12 395	518
1946............	11 986	472	1946............	3 922	91
1951............	699	32	1949............	333	14
1954............	173	9	1954............	?	1
1957............	37	6	1955............	?	0
1959............	102	0			

Ainsi, tandis qu'en 1941, avant le début de l'application de la vaccination, la diphtérie avait provoqué, en Angleterre, 2 641 décès (en dépit de la sérothérapie), par contre en 1959 on ne signalait aucun décès. Les mêmes faits ont été observés en Écosse.

En *Allemagne*, si quelques essais de vaccination avaient été pratiqués avant la IIe guerre mondiale, celle-ci les avait interrompus. La vaccination n'avait vraiment pris son essor qu'en 1946. A partir de cette date et à mesure que l'application de la vaccination par l'anatoxine diphtérique s'est développée, l'effet s'en est fait sentir à la fois sur la morbidité et sur la mortalité par diphtérie, ainsi qu'en témoigne le tableau V.

Tableau V.

Morbidité et mortalité diphtériques dans la République Fédérale allemande.

Années.	Cas.	Décès.	Années.	Cas.	Décès.
1946.............	142 788	7 776	1956.............	8 232	127
1950.............	40 584	924	1958.............	5 117	70
1953.............	18 342	277	1959.............	3 467	57

D'après ce tableau, si en 1946 il y avait en Allemagne 142 788 cas de diphtérie et 7 776 décès dus à cette maladie, en 1959, après treize ans d'application systématique de la vaccination au moyen de l'anatoxine diphtérique, la morbidité annuelle est tombée à 3 467 cas et la mortalité à 57 décès.

Au *Danemark*, grâce aux campagnes de vaccination anatoxique énergiquement poursuivies, la diphtérie a disparu. Depuis 1956 jusqu'en 1959, il y a eu un seul cas de diphtérie.

Il en est de même en *Suède* où l'on a enregistré seulement un cas de diphtérie en 1958, aucun en 1959 et un cas en 1960.

Dans la *plupart des grandes villes d'Amérique du Nord et d'Europe*, où la vaccination au moyen de l'anatoxine a été particulièrement bien exécutée, la mortalité diphtérique est devenue, au cours de ces dernières années, nulle ou presque. Il en est ainsi à Toronto, New York, Chicago, Pittsburgh, Londres, Paris, Copenhague, Stockholm, etc.

On doit noter encore que dans l'*Armée française*, la diphtérie qui y sévissait à l'état endémique a disparu sous l'effet de la vaccination par l'anatoxine diphtérique associée à l'anatoxine tétanique et au vaccin antityphoparatyphoïdique ([7]).

Dans une publication ultérieure ([8]), nous aurons l'occasion de présenter quelques remarques et considérations complémentaires. Nous insisterons tout spécialement, afin que l'application de la vaccination par l'anatoxine diphtérique qui, depuis trente ans, a déjà permis d'épargner des centaines de milliers de vies humaines, soit poursuivie systématiquement et sans désemparer, selon les règles et prescriptions qui ont donné toutes les preuves de leur efficacité, sous peine de voir réapparaître la diphtérie épidémique avec son cortège de souffrances et de deuils.

Ainsi qu'il ressort de l'ensemble des résultats qui viennent d'être relatés, ce qu'aucun des très nombreux moyens utilisés durant des siècles (y compris le plus récent d'entre eux, la sérothérapie) n'avait pu réaliser, à savoir la réduction considérable de la morbidité diphtérique et la diminution concomitante de la mortalité due à cette maladie, la vaccination à l'aide de l'anatoxine diphtérique, mise en évidence en France en 1923, l'a accompli en très peu de temps, avec le plus grand succès.

(*) Séance du 4 septembre 1961.

(1) On les trouvera énumérées dans notre Ouvrage : *Quarante années de Recherches et de Travaux*, Paris, 1957, et dans un autre Ouvrage en préparation : *Trente années de luttes et d'efforts pour assurer le succès des vaccinations anatoxiques et des vaccinations associées.*

(2) J. G. Fitz-Gerald, D. T. Fraser, H. B. Mc Kinnon et Mary A. Ross, *The Lancet*, 1938, p. 391; J. G. Fitz-Gerald avait fait connaître les premiers résultats obtenus au Canada in *Annales Inst. Pasteur*, 42, 1928, p. 1089.

(3) Nous devons ces statistiques et la plupart de celles qui vont suivre à l'obligeance du Docteur Dorolle, directeur général adjoint de l'Organisation mondiale de la Santé et du Docteur Logan, directeur du Service des statistiques.

(4) William Hallock Park, *The Journ. of the Amer. Med. Assoc.*, 109, nº 21, 1937, p. 1681.

(5) Abraham Zingher, *Proc. of the Soc. for Exp. Biol. and Med.*, 1925, p. 162.

(6) *The Lancet*, nº 6777, 1953, p. 125.

(7) *Voir* notre étude récente, dans la *Revue des Corps de Santé des Armées*, 1, nº 6, 1960, p. 762 à 842.

(8) Dans une Revue médicale.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

PRÉSENTÉS OU TRANSMIS PAR LES MEMBRES ET CORRESPONDANTS.

CALCUL MATRICIEL. — *Sur la meilleure approximation d'une matrice donnée par une matrice singulière.* Note (*) de M. **Pierre Franck**, présentée par M. Joseph Pérès.

Expression simple d'une minorante de la distance minimale d'une matrice donnée à une matrice singulière. Condition suffisante pour que cette minorante soit atteinte.

Dans ce qui suit, le symbole [ ] désignera une norme [1] de vecteurs sur C^n (ou R^n) et || || désignera la norme de matrices d'ordre n à coefficients complexes ou réels (espaces $\mathcal{C}^n$ et $\mathcal{M}^n$), associée à la norme de vecteurs par la formule

$$\|M\| = \max_{\substack{\lambda \in C^n \\ (\text{resp. } R^n) \\ \lambda \neq 0}} \frac{[M\lambda]}{[\lambda]}.$$

Un vecteur λ pour lequel ce maximum est atteint sera dit *témoin* de la matrice M.

L'étude de la meilleure approximation d'une matrice donnée par une matrice singulière de même ordre, qui joue un rôle important dans la notion de conditionnement d'un système linéaire [2] conduit au théorème suivant :

Théorème. — *La distance minimale d'une matrice* $A \in \mathcal{C}^n$ *(resp.* $\mathcal{M}^n$*) à une matrice singulière variable* $\alpha \in \mathcal{C}^n$ *(resp.* $\mathcal{M}^n$*) au sens de la norme précédente est supérieure ou égale à* $1/\|A^{-1}\|$. *Pour que l'égalité ait lieu, il suffit qu'il existe un vecteur propre* μ *de* A *tel que le vecteur* $A\mu$ *soit témoin de* A^{-1} *et, pour le domaine réel, que la valeur propre associée soit, en outre, réelle.*

Démonstration. — On a, dans tous les cas (domaine réel et complexe) par définition

$$\|A-\alpha\| = \max_{\substack{\lambda \in C^n \\ (\text{resp. } R^n)}} \frac{[(A-\alpha)\lambda]}{[\lambda]},$$

donc $\forall \mu (\neq 0) \in C^n$ (resp. R^n) :

$$\|A-\alpha\| \geq \frac{[(A-\alpha)\mu]}{[\mu]}.$$

Choisissons $\mu (\neq 0)$ tel que $\alpha\mu = 0$, ce qui est possible, α étant singulière. Il vient

$$\|A-\alpha\| \geq \frac{[A\mu]}{[\mu]} \geq \min \frac{[A\lambda]}{[\lambda]} = \frac{1}{\|A^{-1}\|}, \tag{1}$$

d'où l'on déduit

$$\min \| A - \alpha \| \geq \frac{1}{\| A^{-1} \|},$$

ce qui démontre la première partie du théorème.

Pour démontrer l'égalité stricte moyennant les hypothèses faites, observons qu'il suffit de trouver une matrice singulière α_0 telle que dans (1) les inégalités soient remplacées par des égalités, c'est-à-dire vérifiant

$$\max \frac{[(A - \alpha_0)\lambda]}{[\lambda]} = \frac{[(A - \alpha_0)\mu]}{[\mu]} = \frac{[A\mu]}{[\mu]} = \frac{[\xi]}{[A^{-1}\xi]} = \frac{1}{\| A^{-1} \|},$$

où ξ désigne un témoin de A^{-1}, avec $\mu = A^{-1}\xi$.

On voit facilement que ces égalités sont satisfaites en prenant $\alpha_0 = A - kI$ (k étant la valeur propre associée au vecteur propre $\mu = A^{-1}\xi$, vérifiant les conditions de l'énoncé; k est la valeur propre de A la plus petite en valeur absolue).

Dans l'énoncé du théorème, on peut remplacer la condition : *Il existe un vecteur propre* μ *de* A *tel que le vecteur* $A\mu$ *soit témoin de* A^{-1} par la suivante : *La valeur propre k de* A *qui est la plus petite en valeur absolue vérifie la condition*

$$\forall \lambda, \quad |k| \leq \frac{[A\lambda]}{[\lambda]}.$$

(*) Séance du 18 septembre 1961.

(1) Ce mot est pris au sens de Houn holver (J. A. C. M. vol. 5-3-205).

(2) *Voir* J.-L. Rigal, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 506.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une généralisation d'un théorème de Schur.* Note (*) de M. **Bogdan Bajšanski**, présentée par M. Maurice Fréchet.

Les théorèmes relatifs aux transformations linéaires des suites du type de Toeplitz-Schur sont étendus aux espaces dits saturés (définition 1).

Soit S l'espace vectoriel des suites $\mathbf{x} = \{x_n\}$, et $\leqq$ la relation d'ordre définie par $\mathbf{x} \leqq \mathbf{y} \Leftrightarrow |x_n| \leqq |y_n|$ pour tout n. Y est dite une partie cofinale de $X \subseteq S$, si pour tout $\mathbf{x} \in X$ il existe un $\mathbf{y} \in Y$ tel que $\mathbf{x} < \mathbf{y}$. En généralisant un théorème classique de Schur [1] et des théorèmes de I. Heller [2] et de Bajšanski-Karamata [3], Mlle M. Vuilleumier [4] a démontré, à quelques modifications près, le théorème suivant :

Soit

$$(1) \qquad \mathbf{a} = \{a_n\}, \qquad a_n = \sum_k |a_{n,k}| < \infty \qquad \textit{pour tout } n,$$

et V *un sous-espace de* S *qui contient une chaîne cofinale dénombrable. Pour que la matrice* $[a_{n,k}]$ *transforme toute suite bornée en une suite de* V, *il faut et il suffit que* $\mathbf{a} \in V$.

En introduisant la notion d'espace saturé, on montre dans la présente Note, que le théorème cité reste valable pour ces espaces et que les espaces à chaîne cofinale dénombrable n'en sont qu'un cas particulier. De plus, nous avons obtenu cette généralisation en appliquant simplement le théorème de Schur qui donne les conditions nécessaires pour qu'une matrice transforme toute suite bornée dans une suite convergeant vers zéro.

Définition 1. — *Un sous-espace* V *de* S *sera dit espace saturé si de* $\mathbf{z} \notin V$ *il découle qu'une au moins des deux conditions suivantes est satisfaite :*

(i) *Il existe un nombre naturel* i_0 *tel que pour tout* $\mathbf{x} \in V$, $|z_{i_0}| > |x_{i_0}|$;

(ii) *Il existe une suite infinie strictement croissante* $\{n_i\}$ *de nombres naturels telle que pour tout* $\mathbf{x} \in V$ *il existe un nombre naturel* $i(\mathbf{x})$ *tel que* $|z_{n_i}| > |x_{n_i}|$ *pour tout* $i \geqq i(\mathbf{x})$.

L'intersection d'une famille quelconque d'espaces saturés est un espace saturé.

Définition 2. — *Le plus petit espace saturé contenant un ensemble* $X \subseteq S$ *sera dit saturation de* X *et sera désigné par* Z (X).

Il est évident que $A \subseteq B \Rightarrow Z(A) \subseteq Z(B)$.

Théorème 1. — *Soit* L *l'image par la matrice* $[a_{n,k}]$ *de l'espace des suites bornées, et* $\mathbf{a}$ *définie par* (1). *Alors,* $Z(L) = Z(\mathbf{a})$.

Démonstration. — (i) $L \subseteq Z(\mathbf{a})$ parce que $\mathbf{x} < K\mathbf{a} \Rightarrow \mathbf{x} \in Z(\mathbf{a})$. (ii) $\mathbf{a} \in Z(L)$. Supposons que $\mathbf{a} \notin Z(L)$; alors :

a. D'après (i), il existe un nombre naturel i_0 tel que pour tout $\mathbf{x} \in Z(L)$ et *a fortiori* pour tout $\mathbf{x} \in L$,

$$(2) \qquad |a_{i_0}| > |x_{i_0}|,$$

d'où il résulte que $x_{i_0} = 0$ pour tout $\mathbf{x} \in L$ (car, L étant un espace vectoriel, il contient $n\mathbf{x}$ quel que soit le nombre naturel n et quel que soit $\mathbf{x} \in L$). Il s'ensuit que pour toute suite bornée $\mathbf{y}$ on aura $\sum_k a_{i_0 k} y_k = 0$. En posant

$$y_k = \begin{cases} 0, & k \neq j, \\ 1, & k = j, \end{cases}$$

on obtient $a_{i_0 j} = 0$, d'où, j étant arbitraire, $a_{i_0} = 0$, ce qui contredit (2).

b. D'après (ii), il existe une suite n_i telle que pour tout $\mathbf{x} \in Z(L)$, et *a fortiori* pour tout $\mathbf{x} \in L$, il existe un $i(\mathbf{x})$ tel que

$$|a_{n_i}| > |x_{n_i}| \qquad \text{pour tout } i \geq i(\mathbf{x}).$$

Cela signifie qu'à toute suite bornée $\mathbf{y}$ on peut associer un nombre naturel $i(\mathbf{y})$ tel que

$$a_{n_i} > \left| \sum_k a_{n_i,k} y_k \right| \qquad \text{pour } i \geq i(\mathbf{y}).$$

En posant

$$b_{i,k} = \frac{a_{n_i,k}}{a_{n_i}},$$

cette dernière inégalité signifie que pour toute suite bornée $\mathbf{y}$,

$$\limsup_{i=\infty} \left| \sum_k b_{i,k} y_k \right| \leq 1,$$

ce qui est en contradiction avec

$$\sum_k |b_{i,k}| = 1,$$

d'après le théorème cité de Schur.

Théorème 2. — *Pour que la matrice* $[a_{n,k}]$ *transforme toute suite bornée en une suite de l'espace saturé* P, *il faut et il suffit que* $\mathbf{a} \in P$.

Démonstration. — La condition est suffisante, car

$$L \subseteq Z(L) = Z(\mathbf{a}) \subseteq Z(P) = P.$$

La condition est nécessaire, car

$$\mathbf{a} \in Z(\mathbf{a}) = Z(L) \subseteq Z(P) = P.$$

Théorème 3. — *Tout espace* V *à chaîne cofinale dénombrable* C *est un espace saturé. Il existe des espaces saturés qui ne contiennent aucune chaîne cofinale dénombrable.*

Démonstration. — *a*. Sans restreindre la généralité, on peut supposer que, quel que soit un nombre naturel k, il existe $\mathbf{x} \in V$ tel que $x_k \neq 0$, et que tous les termes de toutes les suites $\mathbf{x}^i \in C$ sont non nuls. Alors, de $\mathbf{z} \notin V$ il découle que la relation $\mathbf{z} < \mathbf{x}$ n'est jamais vraie quel que

soit $\mathbf{x}^i \in C$. Il s'ensuit que $\mathbf{x}^i$ définit un ensemble non vide N_i de nombres naturels de la manière suivante :

$$n \in N_i \Leftrightarrow |z_n| > x_n^i.$$

Évidemment, $N_i \supset N_{i+1}$ pour tout i. Aussi, d'après les suppositions faites sur V et sur C et d'après le fait que V est un espace vectoriel, les ensembles N_i sont tous infinis.

Soit n_i le plus petit nombre de N_i tel que $n_i > n_{i-1}$, $(n_1 > 0)$. La suite n_i est alors une suite infinie strictement croissante de nombres naturels telle que pour tout $\mathbf{y} \in C$, et donc aussi pour tout $\mathbf{y} \in V$, il existe un $i(\mathbf{y})$ tel que

$$|z_{n_i}| > |y_{n_i}| \quad \text{pour } i \geqq i(\mathbf{y}),$$

C. Q. F. D.

b. L'espace des suites convergeant vers zéro est un espace saturé mais il ne contient pas de chaîne cofinale dénombrable.

(*) Séance du 18 septembre 1961.

(1) J. SCHUR, *J. reine angew. Math.*, 151, 1921, p. 79-111.

(2) I. HELLER, *Contribution à la théorie des séries divergentes*, (*Thèse, Genève*, 1950).

(3) B. BAJŠANSKI et J. KARAMATA, *Publications de l'Institut mathématique de l'Académie Serbe des Sciences*, 14, 1960, p. 109-114.

(4) M. VUILLEUMIER, *Comptes rendus* 252, 1961, p. 497.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la réductivité de certaines algèbres d'automorphismes.* Note (*) de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Joseph Pérès.

Théorèmes de réductivité pour les algèbres d'automorphismes de variétés différentiables compactes munies de structures respectivement symplectiques, cosymplectiques ou de contact, étudiées par P. Libermann (1) et par D. C. Spencer et J. W. Gray.

Les variétés envisagées ici, nécessairement orientables, sont supposées C^∞ (2).

1. *a.* Sur une variété V_{2n}, une *structure symplectique* est définie par une 2-forme F fermée, partout de rang $2n$. Sur V_{2n}, $\eta = (1/n!)F^n$ définit un élément de volume. A chaque champ de vecteurs X de V_{2n} correspond une 1-forme $\xi = i(X)F$. Nous définissons ainsi un isomorphisme μ du K-module des champs de vecteurs sur le K-module des 1-formes. On en déduit un isomorphisme (encore noté μ) entre le module des p-tenseurs antisymétriques contravariants et le module des p-formes. Soit $\tilde{\star}$ l'opérateur d'adjonction symplectique (1) qui à toute p-forme α fait correspondre la $(2n-p)$-forme $\tilde{\star}\,\alpha = i(\bar{\mu}^1(\alpha))\,\eta$, Λ l'opérateur sur les formes défini par $\Lambda = i((\bar{\mu}^1 F))$. *Si α est une 1-forme, on a*

$$\tilde{\star}\,\Lambda\, d\alpha = d\,\tilde{\star}\,\alpha. \tag{1}$$

b. Pour que X définisse un automorphisme infinitésimal symplectique, il faut et il suffit que $\xi = \mu(X)$ soit *fermée*. Soit L_s l'algèbre de Lie infinie des automorphismes symplectiques, L_s^0 la sous-algèbre des vecteurs *dont l'image par μ est homologue à* 0. A chaque élément de L_s^0 correspond une fonction à valeurs réelles, définie à une constante additive près. Si X, $Y \in L_s$, on sait que $\mu([X, Y]) = d(i(X \wedge Y)F)$ et à $[X, Y]$ correspond la fonction

$$i(X \wedge Y)F = \Lambda(\xi \wedge \eta) \qquad [\xi = \mu(X),\ \eta = \mu(Y)], \tag{2}$$

L_s^0 est un idéal de L_s tel que L_s/L_s^0 soit abélien (1).

c. Supposons V_{2n} *compacte*. Si X, $Y \in L_s^0$, on a $\mu(X) = df$, $\mu(Y) = dg$, où f, g satisfont la condition N. Au crochet $[X, Y]$ correspond, d'après (1) et (2), le crochet de Poisson :

$$(f, g) = \Lambda(df \wedge dg) = \Lambda\, d(f\, dg).$$

Ainsi L_s^0 est isomorphe à l'algèbre de Lie définie sur l'espace M par le crochet de Poisson. Introduisons sur L_s^0 le produit scalaire

$$A(X, Y) = \int_{V_{2n}} fg\,\eta \qquad (X, Y \in L_s^0). \tag{3}$$

Si $Z \in L_s$ et si $\zeta = \mu(Z)$, on a

$$A([Z, X], Y) + A(X, [Z, Y]) = \int_{V_{2n}} A\{\zeta \wedge d(fg)\}\eta = 0$$

d'après (1), et le produit scalaire A est *invariant* par ad (L_s).

THÉORÈME 1. — *Si* K_s *est une algèbre de Lie de dimension finie d'automorphismes d'une variété symplectique compacte* V_{2n} *et si* $K_s^0 = K_s \cap L_s^0$, ad (K_s) *agissant sur l'idéal* K_s^0 *définit une représentation complètement réductible;* K_s^0 *est réductif. Si* K_s^0 *est transitif sur* V_{2n}, *il est semi-simple.*

2. *a.* Sur une variété V_{2n+1}, une *structure presque cosymplectique* [$1 \times Sp(n, R)$-structure] est définie par une 1-forme ω et une 2-forme F telles que $\eta = (1/n!)\,\omega \wedge F^n$ soit partout non nulle. $\omega = 0$ définit un champ H de $2n$-plans (horizontaux). Il existe un champ de vecteurs E bien déterminé ([3]) tel que $i(E)F = 0$, $i(E)\omega = 1$. Tout champ X de vecteurs s'écrit :

$$(4) \qquad X = fE + HX,$$

où HX est horizontal et $f = i(X)\omega$. Une forme *semi-basique* α est telle que $i(E)\alpha = 0$; elle est *basique* si, en outre, elle est invariante par E. L'application $\mu : HX \to \xi = i(HX)F$ est un isomorphisme du module des vecteurs horizontaux sur le module des 1-formes semi-basiques. Parmi les variétés presque cosymplectiques deux cas particuliers sont intéressants :

b. V_{2n+1} est dite *cosymplectique* si ω et F sont *fermées*. Pour que (4) soit une transformation infinitésimale cosymplectique (t. i. c.), il faut et il suffit que $f =$ Cte et que $\xi = \mu(HX)$ soit fermée. Soit L_c l'algèbre des t. i. c., L_h l'algèbre des t. i. c. horizontales (elle ne diffère de L_c que par le générateur E du centre de L_c), L_h^0 l'algèbre des vecteurs horizontaux invariants par E et dont l'image par μ est homologue à 0; μ définit un isomorphisme du K′-module des vecteurs horizontaux invariants par E sur le K′-module des 1-formes basiques (K′ est ici l'anneau des fonctions basiques). Si $X \in L_h^0$, $\xi = \mu(X) = df$, où $f \in K'$.

c. Supposons V_{2n+1} *compacte* (tous ses nombres de Betti sont $\neq 0$). Un raisonnement identique à celui du paragraphe 1 permet d'introduire sur L_h^0 un produit scalaire invariant par ad(L_c).

THÉORÈME 2. — *Si* K_c *est une algèbre de dimension finie contenant* E *de t. i. c. d'une variété cosymplectique compacte,* K_h *l'algèbre correspondante des t. i. c. horizontales et si* $K_h^0 = K_h \cap L_h^0$, ad(K_c) *agissant sur l'idéal* K_h^0 *définit une représentation complètement réductible;* K_h^0 *est réductif. Si* K_h^0 *est transitif, il est semi-simple.*

3. *a.* V_{2n+1} presque cosymplectique, admet une *structure pfaffienne* si $F = d\omega$; $\omega = 0$ définit une *structure de contact* H subordonnée à la structure pfaffienne. Soit L_p l'algèbre des automorphismes de la structure

pfaffienne. L'algèbre L_{Π} des automorphismes de la structure de contact peut être définie par l'isomorphisme entre espaces

$$\lambda : \quad X \in L_{\Pi} \to f = i(X)\,\omega \in K, \qquad \lambda^{-1} : \quad f \in K \to X = fE + \overline{\mu}^{1}\{(i(E)\,df)\,\omega - df\}.$$

Pour que $X \in L_p$, il faut et il suffit que f soit basique. Au crochet sur L_{Π} correspond par λ le crochet sur K[1]

$$[f, g] = \{f, g\} + fi(E)\,dg - gi(E)\,df, \tag{5}$$

où la parenthèse de Jacobi est définie par

$$\{f, g\}\,\eta = \frac{1}{(n-1)!}\,df \wedge dg \wedge \omega \wedge d\omega^{n-1}. \tag{6}$$

b. Supposons V_{2n+1} *compacte* et introduisons sur L_{Π} le produit scalaire $B(X, Y) = \int_{V_{2n+1}} fg\eta$. En différentiant $\alpha = f\,dg \wedge \omega \wedge d\omega^{n-1}$, on déduit de (5) et (6) que B est invariant par ad L_p.

Théorème 3. — *Si* K_{Π} *est une algèbre de dimension finie d'automorphismes d'une structure de contact d'une variété* V_{2n+1} *compacte et si* $K_p = K_{\Pi} \cap L_p$, *l'algèbre* K_p *est réductive dans* K_{Π}. *En particulier, elle est réductive.*

(*) Séance du 18 septembre 1961.

(1) P. Libermann, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1114 et *Colloque de Géométrie différentielle globale*, Bruxelles, 1958, p. 37-59. Nous utilisons ici les principaux résultats de cet auteur; nos notations sont très proches des siennes. En particulier, i désigne le produit intérieur. *Voir* aussi Lichnerowicz, *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 855.

(2) K désigne l'anneau des fonctions à valeurs réelles sur la variété V_m. Si V_m est compacte et munie d'un élément de volume η, M est l'espace des fonctions f satisfaisant la condition de normalisation

$$\int_{V_m} f\eta = 0. \tag{N}$$

(3) C. Reeb, *Mém. Acad. Roy. Belgique*, 27, 1952, p. 33.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Réponse de la couche limite (supposée laminaire) et de la force de frottement unitaire sur une plaque plane indéfinie aux fluctuations du courant (étude expérimentale).* Note (*) de M. **Ambarish Ghosh**, présentée par M. Joseph Pérès.

J'ai exposé dans une précédente Note [1] une méthode de calcul de la force de frottement unitaire agissant sur une plaque plane effectuant des oscillations de translation de faible amplitude dans son plan, au sein d'un écoulement parallèle à la plaque. On peut représenter ces oscillations par l'équation

$$x = a \sin \omega t$$

dans le système d'axes de coordonnées déjà précisé [1].

D'après les expressions déjà données pour la force de frottement unitaire pour $\omega x/U_0$ petit, d'une part, et $\omega x/U_0$ grand d'autre part, l'expression de la force de frottement totale sur une plaque de hauteur h et de longueur l telle que $\omega l/U_0 > 1$ s'écrit :

$$2\int_0^l \tau_0 h\, dx + f_2 \frac{dx}{dt} + f'_2 \frac{d^2x}{dt^2}, \tag{1}$$

où

$$f_2 = \frac{2h\varepsilon}{a\omega}\alpha_0\mu\frac{U_0^2}{\sqrt{\nu\omega}}\left[3 + \frac{2}{5}\frac{b}{\alpha_0} - \frac{2}{9}\frac{d}{\alpha_0} - \frac{1}{\sqrt{2}\,\alpha_0} + \frac{45\alpha_0}{512}\frac{1}{2\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}\,\alpha_0}\frac{\omega l}{U_0} - \frac{45\alpha_0}{512}\frac{1}{2\sqrt{2}}\left(\frac{U_0}{\omega l}\right)^2\right] \tag{2}$$

et

$$f'_2 = \frac{2h\varepsilon}{a\omega^2}\alpha_0\mu\frac{U_0^2}{\sqrt{\nu\mu}}\left[\frac{2}{3}\frac{a}{\alpha_0} - \frac{2}{7}\frac{c}{\alpha_0} + \frac{2}{11}\frac{e}{\alpha_0} - \frac{1}{\sqrt{2}\,\alpha_0} - \frac{5}{8} - \frac{45\alpha_0}{2\sqrt{2}.512} + \frac{1}{\sqrt{2}\,\alpha_0}\frac{\omega l}{U_0} + \frac{5}{8}\sqrt{\frac{U_0}{\omega l}} + \frac{45\alpha_0}{2\sqrt{2}.512}\left(\frac{U_0}{\omega l}\right)^2\right]. \tag{2 bis}$$

Dans le cas particulier de la plaque plane oscillant au sein d'un fluide au repos, l'expression de la force de frottement totale s'écrit :

$$f_1\frac{dx}{dt} + f'_1\frac{d^2x}{dt^2}, \tag{3}$$

où

$$f_1 = \frac{2}{\sqrt{2}}\rho\sqrt{\frac{\nu}{\omega}}\,\omega h l \quad \text{et} \quad f'_1 = \frac{2}{\sqrt{2}}\rho\sqrt{\frac{\nu}{\omega}}\,hl. \tag{4}$$

Nous avons tenté la vérification expérimentale des expressions ci-dessus en utilisant un canal rectangulaire hydrodynamique (à surface libre), de façon à obtenir des forces de frottement non négligeables, même pour une plaque de faibles dimensions et pour de faibles vitesses de l'écoulement

général. La plaque est constituée par un rectangle de duralumin de faible épaisseur, maintenu dans le courant par une suspension convenable, qui permet, d'une part, d'imprimer à la plaque un mouvement oscillatoire de faible amplitude, d'autre part, de mesurer la force agissant sur la plaque.

La résultante des forces agissant sur la plaque de masse M, a pour expression à un facteur constant près :

$$(5)\qquad \left[(M+f'_2)^2+\left(\frac{f_2}{\omega}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}\sin(\omega t-\varphi_2)\approx(M+f'_2)\sin(\omega t-\varphi_2)$$

où

$$(6)\qquad \operatorname{tg}\varphi_2=\frac{f_2}{M+f'_2}\,\frac{1}{\omega}\approx\frac{f_2}{M\omega}$$

lorsque la plaque oscille dans un fluide animé d'un mouvement uniforme parallèle à son plan, et

$$(7)\qquad \left[(M+f'_1)^2+\left(\frac{f_1}{\omega}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}\sin(\omega t-\varphi_1)\approx(M+f'_1)\sin(\omega t-\varphi_1)$$

où

$$(8)\qquad \operatorname{tg}\varphi_1=\frac{f_1}{M+f'_1}\,\frac{1}{\omega}\approx\frac{f_1}{M\omega}$$

lorsque la plaque oscille dans un fluide au repos.

Le montage expérimental se prête bien à la mesure de $\varphi_2-\varphi_1$, d'où l'on peut déduire avec une bonne approximation la valeur de f_2-f_1 ou plutôt du coefficient $(f_2-f_1)/\rho U_0\, h\, (\nu/\omega)^{1/2}$ en fonction de $U_0\, l/\nu$. Mais on n'obtient un bon accord entre la valeur théorique et constante de ce coefficient, déduite des expressions de f_2 et f_1 données plus haut, et la valeur moyenne déduite de la mesure de $\varphi_2-\varphi_1$, que si l'on s'efforce de simuler dans le montage expérimental, les conditions aux limites du calcul théorique. Il suffit pour cela de placer à l'aval de la plaque d'étude, une plaque rectangulaire en tandem, qui la prolonge en quelque sorte, sans toutefois la toucher, (afin de ne pas nuire à la précision de la mesure de la force sur la plaque amont), et qui bien entendu participe au mouvement de la plaque amont.

Pour une plaque d'étude de caractéristiques suivantes : $h=12$ cm; $l=3$ cm; épaisseur maximale, 0,5 cm; bords d'attaque et de fuite tranchants; pour une plaque auxiliaire de caractéristiques suivantes $h=12$ cm; $l=4$ cm; épaisseur maximale, 0,8 cm; bords tranchants; le jeu entre les deux plaques étant pris égal à 0,4 mm; pour une hauteur de la surface libre au dessus du fond du canal égale à 11,5 cm et pour différentes valeurs de ω comprises entre 10 et 50 et diverses valeurs de U_0 entre 10 et 80 cm/s, la valeur numérique du coefficient est égale en moyenne à 0,41 tandis que la valeur théorique est égale à 0,42. Par contre on trouve expérimenta-

lement pour ce même coefficient 0,65, lorsque les essais sont effectués avec la plaque d'étude *seule*.

Le bon accord ainsi constaté entre la théorie et l'expérience prouve que l'influence de certains facteurs, tels que : effets de sol et effets de la surface libre, est négligeable dans le cas présent (l'extrémité inférieure des plaques est distante de 2 cm du fond du canal).

On peut, de la détermination expérimentale de la différence des amplitudes des deux forces (5) et (7), déduire la différence $f'_2 - f'_1$. Malheureureusement f'_2 et f'_1 sont peu différents en raison de la prépondérance inévitable des effets de l'inertie sur ceux du frottement, de sorte que le présent montage ne se prête pas en ce qui concerne la force de frottement elle-même, à une confrontation fructueuse entre l'expérience et la théorie.

(*) Séance du 18 septembre 1961.

(1) *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 1243.

(2) Les valeurs numériques des constantes apparaissant dans ces expressions ont été données dans la précédente Note (*loc. cit.*).

(*Institut de Mécanique des Fluides de l'Université d'Aix-Marseille.*)

AÉROTHERMODYNAMIQUE. — *Détermination expérimentale du coefficient local de convection de chaleur et de la température athermane locale à la surface d'un corps cylindrique à tête hémisphérique, placé sous diverses incidences dans la tuyère d'une soufflerie supersonique à rafales.* Note (*) de MM. **Jacques Valensi** et **Marcel Behar**, présentée par M. Maurice Roy.

La méthode exposée par les auteurs dans une Note précédente (1) a été appliquée au cas d'un corps cylindrique à tête hémisphérique, placé sous incidence variant de 4 en 4° de 0 à 28° inclus, dans la tuyère horizontale d'une soufflerie froide à rafales, M = 3,88.

La section droite de la tuyère est rectangulaire 8 × 16 cm² et le modèle présente une longueur totale de 80 mm pour un diamètre de 34 mm.

Avant d'effectuer les mesures thermiques, il a été procédé à un certain nombre d'essais préliminaires destinés à apporter des renseignements sur la configuration de l'écoulement : examens strioscopiques, détermination de la distribution de la pression à la surface du modèle, détermination des frontières des régions de séparation par la méthode du film d'huile.

On a ainsi vérifié, en particulier, qu'aucun effet de paroi n'intéressait l'écoulement autour de la maquette, et qu'on n'observait pas non plus

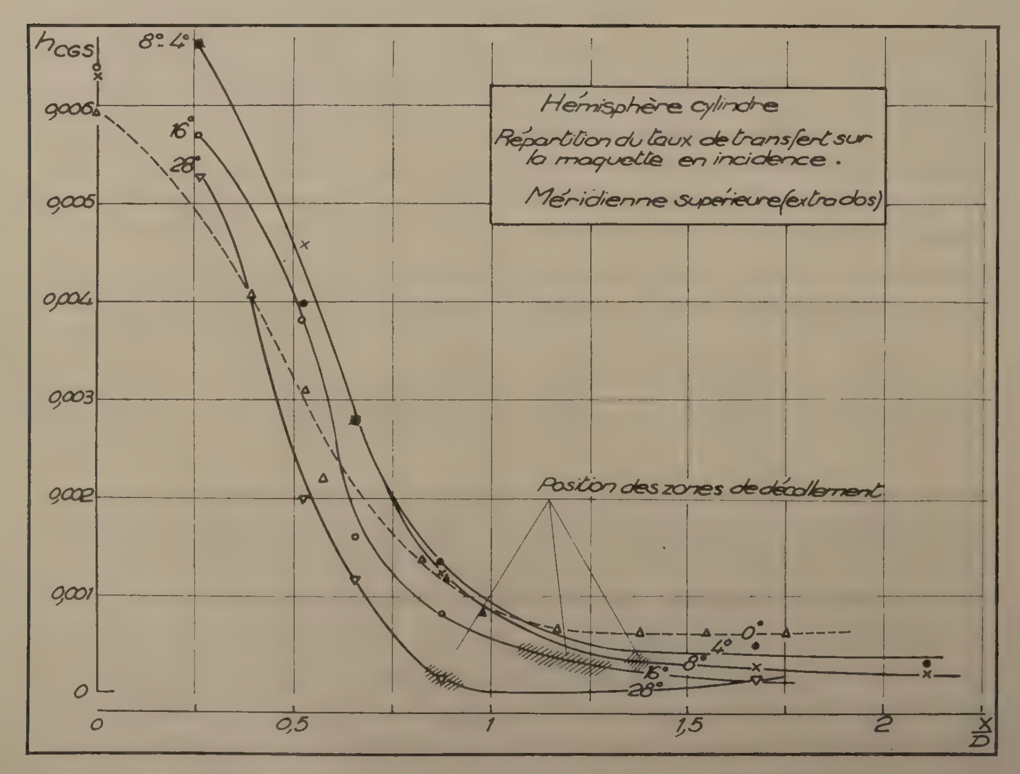
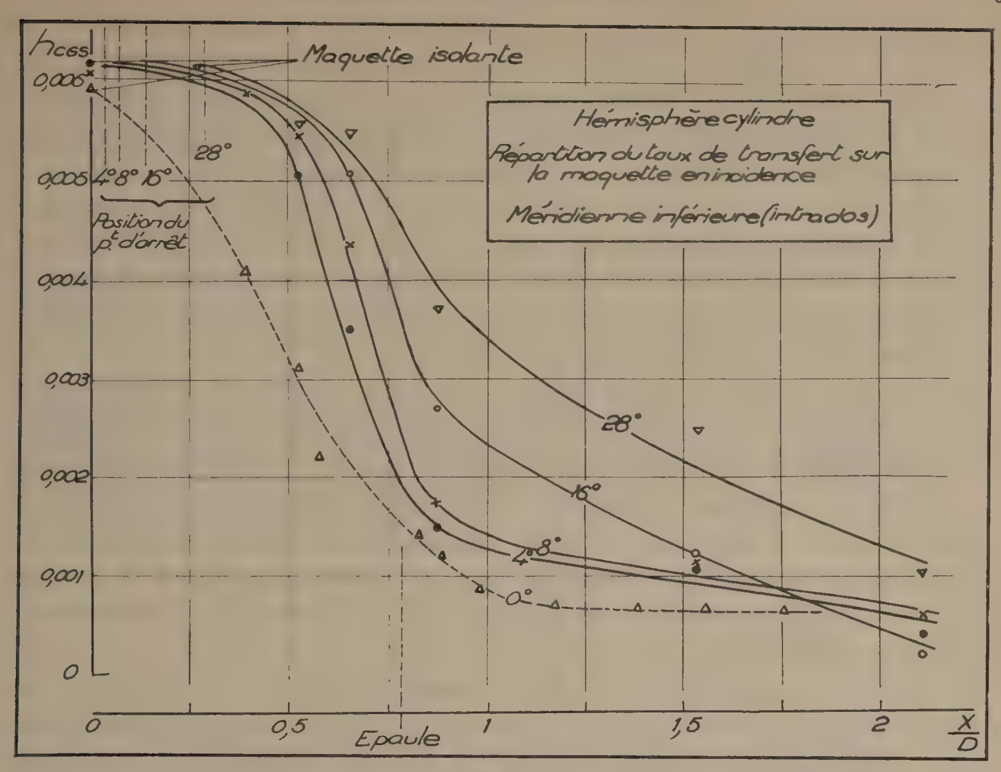
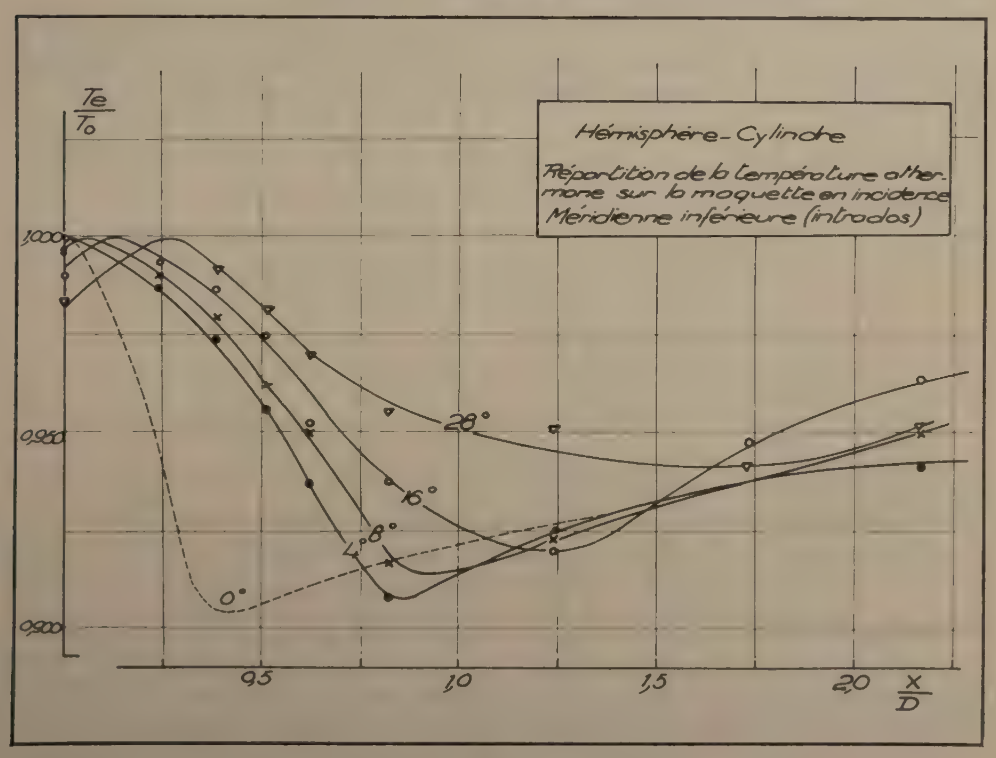


Fig. 1.



h_{css}
Maquette isolante
0,006
0,005
0,004
0,003
0,002
0,001
0
4° 8° 16°
28°
Position du pt d'arrêt
Hémisphère cylindre
Répartition du taux de transfert sur la maquette en incidence
Méridienne inférieure (intrados)
28°
16°
4° 8°
0°
0
0,5
Epaule
1
1,5
2
X/D

Fig. 2.



Te/To
Hémisphère-Cylindre
Répartition de la température athermane sur la maquette en incidence
Méridienne inférieure (intrados)
1,000
0,950
0,900
28°
16°
4° 8°
0°
0,5
1,0
1,5
2,0
X/D

Fig. 3.

de blocage. En outre, les remarques suivantes ont été faites. La frontière de la zone de décollement aux fortes incidences, sur la méridienne située dans le plan de symétrie vertical de l'écoulement, correspond à un minimum dans la distribution de la pression le long de cette méridienne; la pression dans les régions de décollement demeure sensiblement uniforme. Le point d'arrêt coïncide aux erreurs d'expériences près ($0^o,5$) avec un maximum dans la distribution de la pression le long de la même méridienne, et avec l'impact du prolongement de la ligne de courant de l'écoulement potentiel, traversant l'onde de tête au point où la tangente à cette onde de choc est normale à l'écoulement non perturbé.

Des résultats concernant les mesures thermiques effectuées sont donnés dans les figures 1, 2 et 3 où l'on a conservé les symboles de la précédente Note. Les figures 1 et 2 montrent la distribution, pour les diverses incidences, du coefficient de convection à température constante, exprimé en unités C. G. S., le long de la courbe méridienne du plan de symétrie de l'écoulement, extrados et intrados respectivement. La figure 3 montre pour l'intrados sur la même méridienne, la distribution de la température d'équilibre réduite, T_e/T_0.

Pour les stations, placées à chaque incidence, au voisinage immédiat du point d'arrêt correspondant, le h indiqué sur les courbes correspond au h mesuré sur les maquettes isolantes. Partout ailleurs h a été évalué suivant la méthode exposée dans la Note précédente.

On a représenté sur les différentes courbes, d'une part le point correspondant au point d'arrêt de l'écoulement potentiel, d'autre part les limites approximatives de la région de décollement (pour l'extrados).

(*) Séance du 18 septembre 1961.

(1) *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 70.

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Sur les maximums singulièrement élevés de l'activité solaire.* Note (*) de M. **Jean Xanthakis**, présentée par M. André Danjon.

Dans un Mémoire précédent [1], j'ai signalé que le cycle solaire n° 9 (1843-1855) présente un maximum de valeurs moyennes mensuelles et annuelles des nombres de Wolf très élevés par rapport au temps d'ascension correspondant.

En effet, pour ce cycle, les maximums R_m et $[R_m]$ des valeurs moyennes mensuelles et annuelles des nombres relatifs s'écartent très sensiblement de ceux qu'on trouve par les relations proposées [2]

$$(1)\qquad R_m = P_R + X_R, \qquad [R_m] = [P_R],$$

où

$$(2)\qquad \begin{cases} P_R = 77 + 13{,}6\,(T_R - 6{,}3)^2, \qquad X_R = 25 \sin(N - 4{,}5)\dfrac{2\pi}{8}, \\ [P_R] = 64 + 12{,}5\,(T_R - 5{,}8)^2; \end{cases}$$

T_R étant le temps d'ascension et N le numéro des cycles solaires.

Il est vrai que le cycle n° 9 présente trois minimums mensuels du même ordre, à trois dates différentes, auxquelles correspondent trois valeurs du temps d'ascension comme suit :

Date du minimum.	R.	Date du maximum.	R_m.	$[R_m]$.	T_R.
1843. Février	3,5				4,7
1843. Septembre	4,2	1847. Octobre	180,4	1 243	4,1
1844. Juin	3,7				3,3

A ces trois valeurs du temps d'ascension correspondent les valeurs ci-dessous de R_m et $[R_m]$ calculées à l'aide de (1) et (2)

T_R.	R_m^{cal}.	$[R_m]^{cal}$.
4,7	102,1	79,2
4,1	132,2	100,1
3,3	189,8	142,1

Ainsi, en prenant comme date du minimum celle de février 1843 qui a été adoptée par le centre de Zurich, on trouve que les différences $R_m^{obs} - R_m^{cal}$, $[R_m]^{obs} - [R_m]^{cal}$ s'élèvent à 78,3, 45,1 nombres de Wolf respectivement, qui sont 20 fois plus grandes que l'écart type correspondant.

La même chose se constate pour les valeurs adoucies R_m^* et $[R_m^*]$ données par M. Waldmeier [3].

En outre, les données des observations sur R_m et $[R_m]$, d'une part, et sur A_m et $[A_m]$ des aires des taches, d'autre part, pour le cycle courant n° 19, dont les temps d'ascension sont $T_R = 3{,}3$ ans, $T_A = 3{,}2$ ans respec-

tivement, montrent que les valeurs observées sont beaucoup plus élevées que les valeurs calculées, les différences obs — cal étant les mêmes avec celles qu'on a trouvées pour le cycle n° 9. Ainsi, pour les cycles n°s 9 et 19 l'activité solaire en ce qui concerne les nombres de Wolf et des aires des taches, semble augmenter brusquement d'une quantité donnée par le terme

$$8{,}4\mathrm{Y}: \ \mathrm{R}_m, \qquad 5{,}3\mathrm{Y}: \ [\mathrm{R}_m], \qquad 95\mathrm{Y}: \ \mathrm{A}_m, \qquad 60\mathrm{Y}: \ [\mathrm{A}_m],$$

où

$$\mathrm{Y} = \frac{\mathrm{N}-i}{10-(\mathrm{N}-i)}\, e^{(\mathrm{N}-i)-9}, \tag{3}$$

N étant le numéro des cycles solaires et i un indice qui prend les valeurs :

$$i = 0 \quad \text{pour} \quad \mathrm{N} = 1 \sim 9,$$
$$i = 10 \quad \text{»} \quad \mathrm{N} = 10 \sim 19,$$
$$i = 20 \quad \text{»} \quad \mathrm{N} = 20 \sim 29.$$

Tableau I.

Cycle	T_R	R_m			$[R_m]$			T_A	A_m			$[A_m]$		
n°	an.	cal.	obs.	o-c.	cal.	obs.	o-c.	an.	cal.	obs.	o-c.	cal.	obs.	o-c.
7...	6,7	104,9	107,1	+ 2,2	73,7	71,0	— 2,7	–	–	–	–	–	–	–
8...	3,5	205,2	206,2	+ 1,0	138,0	138,3	+ 0,1	–	–	–	–	–	–	–
9...	4,7	177,7	180,4	+ 2,7	126,9	124,3	— 2,6	–	–	–	–	–	–	–
10...	4,2	114,9	116,7	+ 1,8	96,0	95,7	— 0,3	–	–	–	–	–	–	–
11...	3,3	176,3	176,0	— 0,3	142,1	139,1	— 3,0	–	–	–	–	–	–	–
12...	5,4	78,4	83,8	+ 5,4	66,0	63,7	— 2,3	4,9	2 068	2 066	— 2	1 245	1 154	— [illegible]
13...	4,6	125,9	129,2	+ 3,3	82,0	84,9	+ 2,9	4,6	2 385	2 340	— 45	1 367	1 464	+ [illegible]
14...	5,8	103,5	108,2	+ 4,7	64,0	62,0	— 2,0	5,8	2 390	2 453	+ 63	1 137	1 082	— [illegible]
15...	4,2	160,2	154,5	— 5,7	91,1	103,9	+ 7,8	4,2	2 925	2 978	+ 53	1 597	1 537	— [illegible]
16...	5,0	110,2	98,0	—12,2	72,4	77,8	+ 5,4	5,0	2 397	2 213	—184	1 217	1 390	+1[illegible]
17...	3,9	148,3	145,1	— 3,2	110,8	114,4	+ 3,6	3,6	3 441	3 363	+ 20	2 106	2 074	— [illegible]
18...	3,1	205,2	201,3	— 3,9	163,2	151,6	—11,6	3,1	4 022	3 950	— 72	2 715	2 637	— [illegible]
19...	3,3	251,9	253,8	+ 1,9	190,1	190,2	+ 0,1	3,2	4 502	4 524	+ 22	3 035	–	–

Ainsi, les données des observations pour les cycles n°s 9, 19 et probablement pour le cycle du n° 0, imposent l'addition aux relations proposées (2) d'un terme de la forme (3) représentant l'augmentation brusque de l'activité solaire qui prend lieu probablement à un intervalle de temps égal à dix cycles solaires.

Le tableau I donne les valeurs observées et calculées des R_m $[R_m]$, A_m et $[A_m]$ pour les cycles solaires n°s 7 jusqu'à 19.

(*) Séance du 18 septembre 1961.

(1) J. Xanthakis, *The areas of sunspots in the two sun hemispheres* (*Mémoires de l'Académie d'Athènes*, 24, n° 1, 1958).

(2) J. Xanthakis, *Ann. Astrophys.*, 22, 1959, p. 855-876.

(3) M. Waldmeier, *Ergebnisse une probleme der Sonnenforschung*, Leipzig, 1955.

(*Académie d'Athènes.*)

ASTROPHYSIQUE. — *Constructions d'atmosphères-modèles. Cas non gris.* Note (*) de M. **Paul Feautrier**, présentée par M. André Danjon.

1. Pour une atmosphère plane-parallèle en équilibre hydrostatique, le flux et l'intensité moyenne monochromatiques sont donnés par les formules bien connues de Milne. Posons pour simplifier l'écriture

$$G_n(t) = \begin{cases} E_n(t) & \text{si } t > 0, \\ (-1)^{n-1} E_n(-t) & \text{si } t < 0. \end{cases}$$

Les formules de Milne donnent par intégration par partie :

$$(1) \quad \begin{cases} F_\nu(\tau_\nu(p)) = 2E_3(\tau_\nu(p))\,S_\nu(0) + 2\displaystyle\int_{p'=0}^{\infty} G_3(\tau_\nu(p') - \tau_\nu(p))\,d(S_\nu(p')), \\ \bar{I}_\nu(\tau_\nu(p)) = S_\nu(p) - \dfrac{1}{2}E_2(\tau_\nu(p))\,S_\nu(0) + \dfrac{1}{2}\displaystyle\int_{p'=0}^{\infty} G_2(\tau_\nu(p') - \tau_\nu(p))\,d(S_\nu(p')). \end{cases}$$

De plus, à l'équilibre thermique local on a $S_\nu = B_\nu(T)$ (fonction de Planck), et, si l'équilibre radiatif est réalisé :

$$(2) \quad \begin{cases} \displaystyle\int_0^{\infty} F_\nu(p)\,d\nu = F, \\ \displaystyle\int_0^{\infty} \varkappa_\nu(\bar{I}_\nu - B_\nu\,d\nu) = 0. \end{cases}$$

2. On peut introduire la valeur de $B_\nu(T)$ dans (1), intervertir l'ordre des intégrations en ν et p' dans les formules (2), puis effectuer le changement de variable :

$$x = \frac{h\nu}{kT(p')}$$

qui met en évidence la fonction source intégrée :

$$b(p') = \left[\frac{T(p')}{T_e}\right]^4.$$

Il vient

$$(3.1) \qquad \gamma_3(p)\,b(0) + \int_{p'=0}^{\infty} g_3(p, p')\,d(b(p')) = 1;$$

$$(3.2) \qquad -\gamma_2(p)\,b(0) + \int_{p'=0}^{\infty} g_2(p, p')\,d(b(p')) = 0;$$

où

$$(3.3) \quad g_3(p, p') = \frac{15}{4\pi^4}\int_0^{\infty} 2E_3(\tau_\nu(p') - \tau_\nu(p))\,\frac{x^4 e^x}{(e^x - 1)^2}\,dx, \qquad \nu = \frac{kT(p')}{h}\,x$$

est la « moyenne de Rosseland de $2E_3(\tau'_\nu - \tau_\nu)$ ».

De même,

$$(3.4) \qquad \gamma_3(p) = \frac{15}{\pi^4}\int_0^{\infty} E_3(\tau_\nu(p))\,\frac{x^3}{e^x - 1}\,dx, \qquad \nu = \frac{kT(0)}{h}\,x$$

est la « moyenne-Planck de $2E_3(\tau_\nu)$ ».

De même, g_2 est la moyenne de Rosseland de $\varkappa_\nu E_2(\tau'_\nu - \tau_\nu)$; γ_2 est la moyenne-Planck de $\varkappa_\nu E_2(\tau_\nu)$.

Donnons à p la valeur o; on tire de (3.2) la valeur de $b(0)$:

$$(4) \qquad b(0) = \int_{p'=0}^{\infty} \left[\frac{g_2(p, p')}{\gamma_2(p)}\right]_{p=0} d(b(p')).$$

(Il faut en effet prendre quelques précautions, car $\varkappa_\nu$ tend vers zéro à la surface, donc aussi g_2 et γ_2. Mais le rapport entre crochets reste toujours fini et a une limite facile à calculer.)

Reportant (4) dans (3.1), on trouve

$$(5) \qquad \int_{p=0}^{\infty} \left\{g_3(p, p') + \gamma_2(p)\left[\frac{g_2(p, p')}{\gamma_2(p)}\right]_{p=0}\right\} d(b(p')) = 1.$$

3. L'équation (5) se résoud par itération. Connaissant une solution de $n^{\text{ième}}$ approximation, on calcule les $\tau_\nu^{(n)}$ par intégration numérique de

$$d\tau_\nu^{(n)} = \frac{\varkappa_\nu(p, T^{(n)}(p))}{g} dp,$$

puis les différentes moyennes par intégrations numériques des formules (3.3), (3.4), etc. On en déduit le noyau de (5) qu'on résoud en remplaçant cette équation intégrale par un système d'équations linéaires. On en tire $b^{(n+1)}(p) - b^{(n+1)}(0)$; puis $b^{(n+1)}(0)$ par la formule (4), et enfin $b^{(n+1)}(p)$, puis

$$T^{(n+1)}(p) = T_e \sqrt[4]{b^{(n+1)}(p)}.$$

Des essais préliminaires sur un coefficient d'absorption simplifié (échelon) ont montré que la méthode converge très vite (stabilité de 10^{-4} en huit itérations). La seule difficulté est la résolution de (5). La précision sur la constance du flux est la même que celle des formules d'intégration utilisée pour remplacer (5) par un système linéaire. C'est pourquoi on doit utiliser un très grand nombre de points (de l'ordre de 50) si l'on veut sur b une précision de l'ordre de 10^{-3}. Un tel travail, où $\varkappa_\nu$ serait un coefficient réaliste, est hors de la portée d'un ordinateur I. B. M. 650.

La méthode peut être très facilement modifiée pour tenir compte de la pression de radiation et de la diffusion par les électrons libres, qui n'introduisent que des calculs supplémentaires.

(*) Séance du 18 septembre 1961.

(*Observatoire de Paris-Meudon.*)

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Contribution à l'étude de l'erreur dans l'intégration numérique des trajectoires paraxiales en Optique électronique des systèmes de révolution.* Note (*) de Mlle **Renée Lapeyre**, transmise par M. Gaston Dupouy.

Établissement de formules particulièrement adaptées au cas où la fonction $f(x)$ est analytiquement connue, donnant une valeur approchée de l'erreur de troncature sur un pas lorsqu'on intègre numériquement l'équation différentielle des trajectoires paraxiales par la méthode de Runge-Kutta.

Dans une Note précédente [1] à laquelle nous nous référons pour les notations, nous avons établi des formules permettant de calculer une valeur approchée de l'erreur résultant de l'intégration numérique d'une équation différentielle du type :

$$y'' + f(x)y = 0$$

par la méthode de Runge-Kutta. Ces formules particulièrement intéressantes dans le cas où la fonction $f(x)$ est tabulée exigent cependant deux intégrations pour la connaissance de l'erreur de troncature.

C'est pourquoi nous nous proposons ici de donner d'autres expressions approchées de cette erreur, calculables à chaque pas.

Rappelons que la méthode de résolution numérique adoptée [2] consiste à remplacer la fonction cherchée ainsi que sa dérivée par des développements limités approchés; en particulier, à l'ordre $q = 2$ et pour les formules (1) :

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} x_{n1} &= x_n + h,\\ y_{n1} &= y_n + hy'_n,\\ y_{n+1} &= y_n + hy'_n + \frac{h^2}{6}(2y''_n + y''_{n1}),\\ y'_{n+1} &= y'_n + h(y''_n + y''_{n1}),\end{aligned}\right.$$

on obtient en se limitant aux premiers termes :

$$y_{n+1} = y_n + hy'_n + \frac{h^2}{2!}y''_n + \frac{h^3}{3!}y'''_n + \frac{h^4}{12}(f''_n y_n + 2f'_n y'_n),$$

$$y'_{n+1} = y'_n + hy''_n + \frac{h^2}{2!}y'''_n + \frac{h^3}{4}(f''_n y_n + 2f'_n y'_n).$$

Développons $y_n(x)$ et $y'_n(x)$ en série de Taylor au voisinage de x_n, on a

$$y_n(x_{n+1}) = y_n + hy'_n + \frac{h^2}{2!}y''_n + \frac{h^3}{3!}y'''_n + \frac{h^4}{4!}y^{(4)}_n,$$

$$y'_n(x_{n+1}) = y'_n + hy''_n + \frac{h^2}{2!}y'''_n + \frac{h^3}{3!}y^{(4)}_n.$$

Par suite, les erreurs de troncature sur un pas peuvent être définies de façon approchée par

$$(2)\quad \begin{cases} \varepsilon_{n+1} = \dfrac{h^4}{24}(f_n y''_n - 2f'_n y'_n - f''_n y_n), \\ \varepsilon^*_{n+1} = \dfrac{h^3}{12}(2f_n y''_n - 2f'_n y'_n - f''_n y_n). \end{cases}$$

D'une façon plus générale, si l'on conserve tous les termes dans les différents développements considérés, on obtient successivement :

$$\begin{cases} y_{n+1} = y_n + hy'_n + \dfrac{h^2}{2!}y''_n + \dfrac{h^3}{3!}y'''_n + \dfrac{h^2}{6}(f_{n+1} - f_n)(y_n + hy'_n) - \dfrac{h^3}{6}f'_n y_n, \\ y'_{n+1} = y'_n + hy''_n + \dfrac{h^2}{2!}y'''_n + \dfrac{h^2}{2}(f_{n+1} - f_n)(y_n + hy'_n) - \dfrac{h^2}{2}f'_n y_n; \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_n(x_{n+1}) = y_n + hy'_n + \dfrac{h^2}{2!}y''_n + \dfrac{h^3}{3!}y'''_n + \dfrac{h^4}{4!}y^{(4)}(\xi), \\ y'_n(x_{n+1}) = y'_n + hy''_n + \dfrac{h^2}{2!}y'''_n + \dfrac{h^3}{3!}y^{(4)}(\xi); \end{cases}$$

avec

$$x_n \leq \xi \leq x_{n+1};$$

d'où l'erreur de troncature sur un pas :

$$(3)\quad \begin{cases} \varepsilon_n(x_{n+1}) = \dfrac{h^4}{4!}[(f'' + f^2)y + 2f'y']_{x=\xi} - \left[\dfrac{h^2}{6}(f_{n+1} - f_n)(y_n + hy'_n) - \dfrac{h^3}{6}f'_n y_n\right], \\ \varepsilon^*_n(x_{n+1}) = \dfrac{h^3}{3!}[(f'' + f^2)y + 2f'y']_{x=\xi} - \left[\dfrac{h}{2}(f_{n+1} - f_n)(y_n + hy'_n) - \dfrac{h^2}{2}f'_n y_n\right]. \end{cases}$$

A partir des expressions (2) ou (3) et en appliquant les formules (4) de propagation de l'erreur [2]

$$(4)\quad \begin{cases} \eta_{n+1} = e_n\left(1 - \dfrac{h^2}{2}f_n + \dfrac{h^4}{24}f_n^2\right) + e^*_n h\left(1 - \dfrac{h^2}{6}f_n\right), \\ \eta^*_{n+1} = -e_n h f_n\left(1 - \dfrac{h^2}{6}f_n + \dfrac{h^4}{96}f_n^2\right) + e^*_n\left(1 - \dfrac{h^2}{3}f_n + \dfrac{h^4}{24}f_n^2\right), \end{cases}$$

on calcule ensuite celle-ci en un point quelconque de l'intervalle d'intégration en tenant compte des relations

$$e_{n+1} = \varepsilon_{n+1} + \eta_{n+1}, \qquad e^*_{n+1} = \varepsilon^*_{n+1} + \eta^*_{n+1};$$

avec

$$e_1 = \varepsilon_1, \qquad e^*_1 = \varepsilon^*_1.$$

Nous avons expérimenté ces formules sur l'exemple numérique

$$y'' + \frac{3}{(1 + x^2)^2}y = 0, \qquad \text{avec} \quad x_0 = 0, \quad y_0 = 1, \quad y'_0 = 0, \quad h = 0{,}01.$$

Dans le tableau ci-après nous comparons successivement l'erreur $e_n(x)$ déterminée à partir de la connaissance de la solution exacte avec les

erreurs calculées e_n à l'aide des formules (2) et (4), (3) et (4), avec $\xi = x_n$, puis $\xi = x_{n+1}$.

	$10^7 e_n$.				$10^7 e_n^*$.			
			Formules (3) et (4).				Formules (3) et (4).	
x.	$10^7 e(x)$.	Formules (2) et (4).	$\xi = x_n$.	$\xi = x_{n+1}$.	$10^7 e^*(x)$.	Formules (2) et (4).	$\xi = x_n$.	$\xi = x_{n+1}$.
0,0.......	000	000	000	000	000	000	000	000
0,1.......	002	002	002	002	053	052	053	049
0,2.......	010	010	010	009	117	116	120	106
0,3.......	025	025	026	023	199	197	205	179
0,4.......	050	049	051	045	293	291	301	266
0,5.......	084	083	086	076	388	386	397	357
0,6.......	127	126	130	116	473	471	482	440
0,7.......	177	177	182	164	540	538	548	509
0,8.......	234	233	239	217	589	587	595	559
0,9.......	294	293	300	275	619	617	623	591
1,0.......	357	356	363	235	633	631	636	609

(*) Séance du 18 septembre 1961.

(1) *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 3431.

(2) *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 679.

PHYSIQUE DES PLASMAS. — *Absorption d'un rayonnement électromagnétique (infrarouge) par le jet d'un « chalumeau à plasma ».* Note (*) de MM. **Joseph Chapelle, François Cabannes, Alassane Sy** et Mme **Christiane Cabannes**, transmise par M. Gustave Ribaud.

Le but des auteurs est de déterminer certaines propriétés du jet d'un « chalumeau à plasma » en étudiant l'absorption des ondes électromagnétiques de fréquence voisine de la fréquence plasma qui se situe dans l'infrarouge.

On observe dans un chalumeau à plasma, des densités électroniques élevées (de l'ordre de 10^{17} cm^{-3}) de sorte que le jet de plasma doit réfléchir les ondes centimétriques et millimétriques, et qu'il ne peut être transparent ou faiblement absorbant qu'aux ondes électromagnétiques de plus grandes fréquences, c'est-à-dire infrarouges.

Si l'on considère une onde électromagnétique plane, monochromatique, de fréquence $\omega/2\pi$ traversant un plasma infini de densité électronique uniforme, et si l'on admet que l'onde électromagnétique n'interagit qu'avec les électrons libres, le plasma se comporte comme un milieu ayant un indice de réfraction complexe :

$$\eta = \eta_r - j\chi = \sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\nu_c^2 + \omega^2} - j\frac{\omega_p^2}{\omega^2 + \nu_c^2}\frac{\nu_c}{\omega}}$$

η_r, indice réel de réfraction; χ, indice d'extinction; ν_c, fréquence de collision; $\omega_p/2\pi$, fréquence plasma, avec $\omega_p/2\pi = 1/2\pi\,(n_e l^2/m\varepsilon_0)^{1/2}$, n_e étant la densité électronique (dans le système C. G. S., $\omega_p/2\pi = 8{,}97.10^3\,n_e^{1/2}$).

Dans le cas de nos expériences : $\omega_p/\omega < 0{,}3$, $\nu_c/\omega < 0{,}02$ et l'on peut écrire

$$\chi = \frac{1}{2}\frac{\nu_c}{\omega}\left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^2 = \frac{1}{2}\frac{\nu_c}{\omega}\left(\frac{\lambda}{\lambda_p}\right)^2,$$

λ, longueur d'onde de l'onde électromagnétique; λ_p, longueur d'onde relative à la fréquence plasma.

Il est commode d'introduire la profondeur de pénétration d relative aux intensités, on a

$$\frac{1}{d} = 2\frac{\omega}{c}\chi.$$

soit dans le cas de nos expériences :

$$d = \left(\frac{\lambda_p}{\lambda}\right)^2 \frac{c}{\nu_c} \qquad \text{avec} \quad c = 3.10^{10}\ \text{cm/s}.$$

Production et caractéristiques du jet. — Le jet est produit à l'aide d'un générateur de jet de plasma assez classique, constitué d'une cathode en tungstène et d'une anode annulaire en cuivre présentant un orifice de 5 mm de diamètre. L'intensité du courant est 260 A, et la différence de potentiel

aux bornes est voisine de 30 V. Le gaz utilisé est l'argon; on y ajoute une faible proportion d'hydrogène (environ 0,5 %) pour des mesures de densité électronique. La stabilité du jet dépend du centrage des électrodes et peut être très bonne; la durée du jet n'est limitée en principe que par la capacité de la bouteille d'argon qui l'alimente; le débit d'argon adopté est 1,1 l/s.

Mesure du coefficient d'absorption. — Nous avons utilisé un spectromètre Perkin-Elmer 12 C, dont nous disposions [1] qui nous a permis d'étudier l'absorption jusqu'à une longueur d'onde égale à 38 μ.

Nous ne nous sommes intéressés qu'à l'absorption continue décelable au-delà de 5 μ, où l'on n'observe d'ailleurs aucune raie.

La largeur du faisceau lumineux dans le plasma est de l'ordre de 1,5 mm et sa hauteur est de 12 mm.

On s'assure en déplaçant le plasma qu'il intercepte complètement le faisceau, et l'on a ainsi une valeur approximative du diamètre de la zone absorbante du jet : Ø = 2 mm; la hauteur du jet est supérieure à 12 mm.

On mesure d'abord l'intensité incidente I_0, puis l'intensité I transmise par le plasma.

A partir de 30 μ on doit tenir compte de la lumière parasite des longueurs d'onde inférieures; l'intensité I′ de celle-ci est déterminée à chaque mesure en interposant une lame de ClNa de 5 mm d'épaisseur absorbant toutes les longueurs d'onde supérieures à 20 μ (le plasma n'absorbe pratiquement pas la lumière parasite).

Résultats expérimentaux. — En appelant Φ l'épaisseur de plasma traversée, on a

$$I - I' = (I_0 - I')\, e^{-\frac{\Phi}{d}}.$$

Le tableau ci-dessous reproduit les valeurs expérimentales.

λ (μ).	I_0 valeur relative.	I valeur relative.	I′ valeur relative.	$\frac{d}{\Phi} = \text{Log}\,\frac{I_0 - I'}{I - I'}$.	$\frac{d\lambda^2}{\Phi}$.
15,1	90	80	0	8,5	1930
20	75	61	0	4,85	1940
24,4	95	67	0	2,86	1710
29,5	94	60	6	2,04	1820
32,3	93	60	18	1,73	1800
35	92	64	31	1,62	1980
37,5	94	78	62	1,37	1930

On vérifie que $d\lambda^2/\Phi$ est constant, confirmant que l'absorption à ces longueurs d'onde est produite par les électrons libres du plasma.

Détermination de la densité électronique et de la fréquence plasma. — Nous n'avons pas pu travailler à des longueurs d'onde supérieures à 38 μ, et atteindre la fréquence plasma; mais nous avons déterminé la densité électronique à mi-hauteur de la colonne de plasma en mesurant l'élargissement de la raie H_β par effet Stark.

On vérifie que l'introduction de l'hydrogène ne perturbe pas le jet de plasma.

La densité électronique moyenne est $n_e = 7{,}6.10^{16}$ cm^{-3}, ce qui correspond à

$$\frac{\omega_p}{2\pi} = 2{,}5.10^{12}\ \text{s}^{-1} \qquad \text{et} \qquad \lambda_p = 120\ \mu.$$

Détermination de la fréquence de collision. — La fréquence de collision ν_c est calculée à partir de la valeur moyenne de $d\lambda^2/\Phi$ avec $\varnothing = 2$ mm. On trouve $\nu_c = 1{,}2.10^{12}$ s^{-1}.

Calcul de la résistivité électrique moyenne du plasma. — La résistivité ρ est reliée à la fréquence de collision ([2]) par la formule $\rho = m_e c^2 \nu_c / n_e e^2$.

En utilisant la valeur expérimentale $\nu_c = 1{,}2.10^{12}$ s^{-1} on trouve $\rho = 0{,}055\ \Omega$.cm.

La résistivité ρ, peut être calculée directement dans l'hypothèse du gaz de Lorentz ([2])

$$\rho = \frac{\pi^{\frac{3}{2}} m^{\frac{1}{2}} e^2 c^2 \operatorname{Log} \Lambda}{2(2kT)^{\frac{3}{2}} \gamma_E}, \qquad \Lambda = \frac{h}{p_0} = \frac{3}{2 l^3}\left(\frac{k^3 T^3}{\pi n_e}\right)^{\frac{1}{2}};$$

T, température du plasma;
h, distance de Debye;
p_0, paramètre d'impact moyen;
γ_E, terme tenant compte des rencontres électrons-électrons qui est égal dans le cas d'un gaz ionisé à 0,582.

La température peut être déterminée à partir de la densité électronique en supposant l'équilibre thermique réalisé, on trouve T = 12 300°K et $\rho = 0{,}02\ \Omega$.cm.

Conclusion. — Dans un grand nombre de plasmas pour lesquels n_e est de l'ordre de 10^{10} à 10^{14} cm^{-3}, plasmas qu'on peut appeler « peu denses », la fréquence plasma tombe dans le domaine des ondes centimétriques ou millimétriques, et un grand nombre d'études sont poursuivies sur ces plasmas à l'aide de ces ondes radioélectriques; d'une manière analogue, l'absorption dans le domaine infrarouge permet d'étudier les plasmas « denses », pour lesquels la densité électronique est de l'ordre de 10^{17} cm^{-3}.

(*) Séance du 18 septembre 1961.
([1]) F. Cabannes, *Bull. Soc. franç. Céram.*, n° 48, 1960, p. 3.
([2]) L. Spitzer, *Physics of fully ionized gases*, New-York, 1956, p. 82.

(*Laboratoire des Échanges Thermiques, C. N. R. S., Bellevue.*)

SPECTROSCOPIE HERTZIENNE. — *Observation d'un phénomène de relaxation dipolaire sur le sulfure de manganèse.* Note (*) de MM. **Jean Le Bot** et **Dang Tran Quan**, présentée par M. Jean Lecomte.

Bien qu'aucun mode de préparation par voie sèche du sulfure de manganèse α vert n'ait été publié à notre connaissance, nous avons tenté la préparation de ce produit par synthèse directe.

L'opération se fait en tube scellé sous vide entre le métal pulvérisé et un grand excès de soufre. Après chauffage à 485°C pendant 12 h, le produit est retiré du four, rapidement refroidi, broyé et extrait au sulfure de carbone pour enlever l'excès de soufre.

En répétant quatre fois le traitement, on obtient un produit microcristallin, vert, de composition chimique très voisine de MnS avec cependant un léger excès de métal.

L'étude radiocristallographique indique l'existence d'un réseau cubique à faces centrées, dont le paramètre a pour valeur 5,224 Å. Ce résultat est en accord avec les indications de la littérature relative à MnSα vert [1].

La figure suivante représente le résultat de l'étude diélectrique de ce produit aux quatre fréquences : 100 Hz, 1, 10 et 100 kHz, et en fonction de la température. On remarque la présence d'un phénomène de relaxation dipolaire très net se superposant à la conductivité.

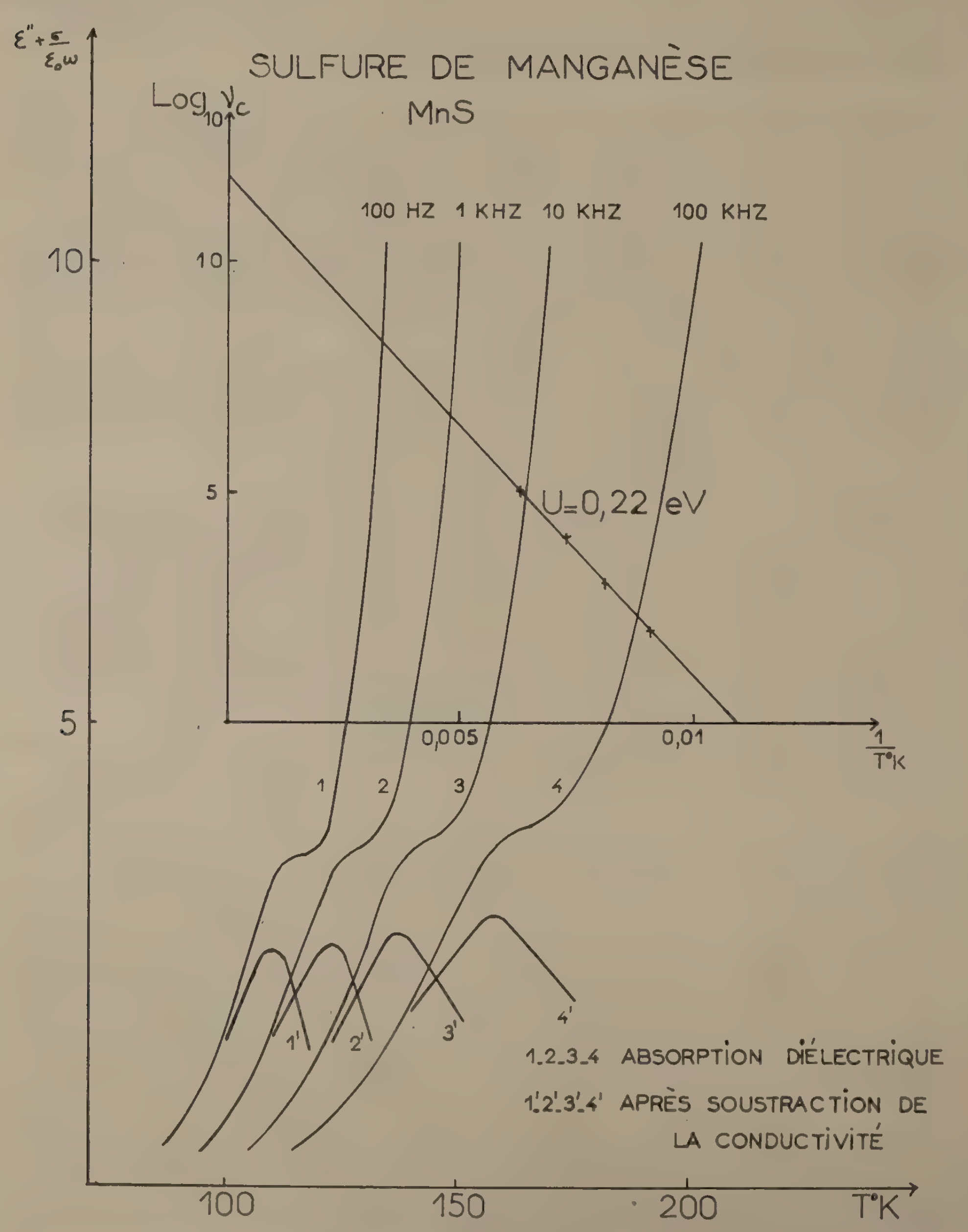
L'énergie d'activation du phénomène de relaxation dipolaire, déduite du diagramme Log ν_c (1/T), donne la valeur U = 0,22 eV.

Cherchant à préciser les conditions d'apparition de ce phénomène de relaxation dipolaire, probablement lié à l'écart à la stœchiométrie du produit obtenu, nous avons établi les deux points suivants :

1° Alors que le MnS α vert est d'une stabilité remarquable, puisque nous n'avons pas réussi à le réduire quantitativement par l'hydrogène à 1300°C; nous avons pu observer que le produit, que nous avons préparé, perdait très facilement 2 % environ de son poids de soufre par simple traitement sous vide secondaire (10^{-5} mm Hg) à la température de 400°C. Après une vingtaine d'heures le poids du produit est constant, et le départ de soufre terminé. Cependant, bien que le sulfure de manganèse ainsi obtenu soit vraisemblablement plus éloigné de la stœchiométrie que le produit initial, *il ne présente plus aucun phénomène de relaxation dipolaire*; l'étude radiocristallographique ne révèle, d'autre part, aucun changement appréciable du paramètre cristallin.

2° Le sulfure de manganèse, recuit sous vide, adsorbe énergiquement la vapeur de soufre : en laissant séjourner à 150°C un tel échantillon dans un tube scellé sous vide contenant une nacelle remplie de soufre, on revient au poids initial au bout de quelques heures.

Simultanément, l'étude diélectrique montre la *réapparition du phénomène de relaxation dipolaire,* dès que les quantités reprises dépassent 0,02 g %.



Des expériences sont actuellement en cours qui devront permettre de préciser encore les phénomènes observés en vue d'en fournir une interprétation.

(*) Séance du 18 septembre 1961.
(1) Swanson, *N. B. S.*, circular 539, vol. IV, 1955, p. 2.

FLUORESCENCE. — *Considération sur l'efficacité lumineuse du tube fluorescent.* Note (*) de MM. **Jacques-Charles Risler** et **René Hardy**, transmise par M. Hippolyte Parodi.

On sait que la luminescence de certains cristaux est d'origine électronique et qu'elle est provoquée par l'excitation d'électrons dans la bande de conductibilité. Dans le cas de photoconductibilité, l'intensité du phénomène dépend de la densité des électrons, mais aussi d'autres facteurs, entre autres celui de la variation des charges spatiales, celles-ci demeurant sous la dépendance du champ. Ces manifestations ont été analysées par MM. Maurice et Daniel Curie et particulièrement par MM. Georges Destriau et Joseph Mattler qui ont traité du rôle de l'électron de conductibilité en électroluminescence.

Dans un ordre d'idées connexes, il nous a été donné d'étudier le cas particulier de la luminescence émise par une pellicule cristalline située à la surface ou à l'intérieur d'un tube à décharge alimenté par un courant de fréquence plus ou moins élevée. On a voulu utiliser ainsi le fait que le courant de haute fréquence crée dans le système conducteur un ensemble de champs magnétiques à effets contraires accélérant l'écoulement du courant sur les bords du conducteur et le freinant à l'intérieur, et ce, proportionnellement à la fréquence.

Soit,

d, la distance du bord de l'écoulement dense à la périphérie du courant dérivé;

μ_0, la constante magnétique du champ;

μ, le coefficient de perméabilité magnétique du conducteur;

ν, la fréquence du courant;

x, la conductivité du conducteur;

la relation générale qui lie ces éléments s'exprime de la manière suivante :

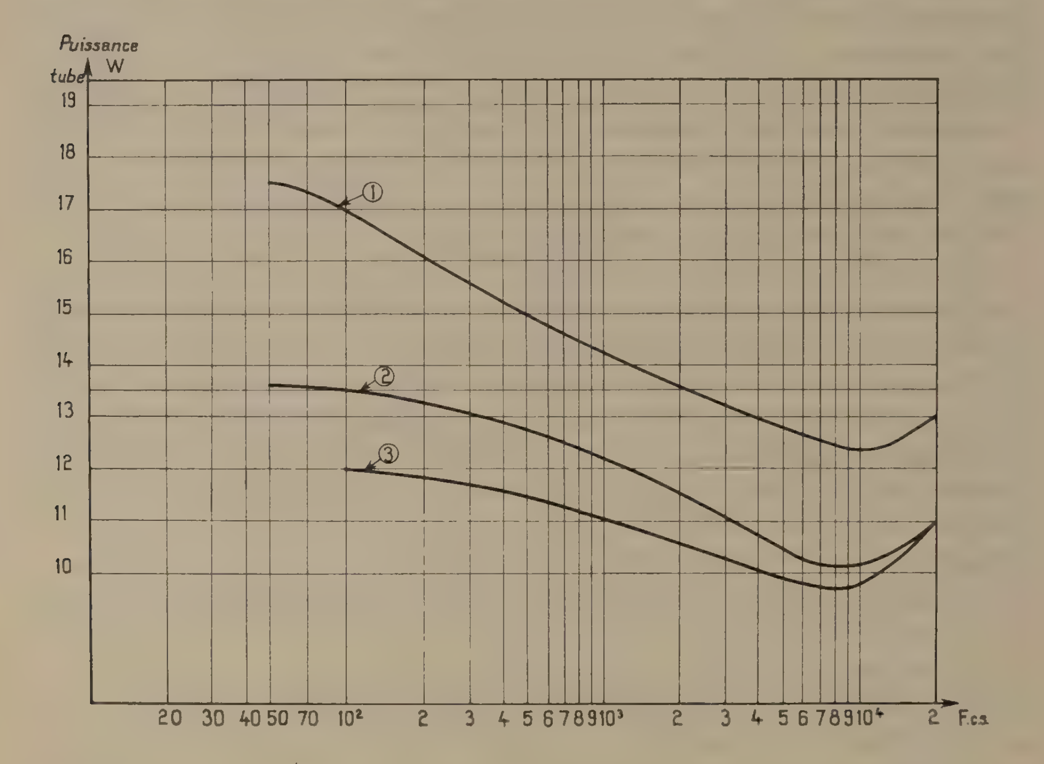
$$d = \frac{1}{\sqrt{\mu\mu_0 \nu x \pi}}.$$

Bien que le tube à décharge ne puisse être considéré comme un véritable conducteur, l'expérimentation a montré qu'on peut tenir compte de cette formule générale pour ce cas particulier. Il s'ensuit que pour certains cristaux luminescents (ZnS) on a pu attribuer, *mais pour une très faible part*, l'augmentation de l'efficacité lumineuse en surface pelliculaire à la conductivité propre de leurs activateurs.

En haute fréquence, il convient de souligner que l'augmentation de l'efficacité lumineuse du tube fluorescent *dépend avant tout de l'accélération des électrons sous l'influence de la fréquence* et de l'augmentation consécutive des chocs entre électrons et atomes de mercure excités par la raie de

résonance $\lambda = 2\,537$ Å. Tel est le processus par lequel la fréquence influe sur la luminescence de la couche fluorescente interne. En dernière analyse, la luminescence demeure proportionnelle à l'éclairement énergétique du rayonnement ultraviolet, fourni par la colonne positive de la lampe tubulaire.

En vue de confirmer que d'une manière générale, et pour une puissance absorbée égale, l'efficacité lumineuse croît en même temps que la fréquence, nous avons repris l'expérimentation dont les premiers résul-



tats ont déjà été consignés ([1]), mais en utilisant un autre type de tube fluorescent.

Examinons, par exemple, le cas du tube fluorescent dit de 20 W : longueur, 590 mm; diamètre, 37 mm. L'expérience a été effectuée sur trois lampes nos 1, 2, 3, du même modèle. Au cours d'un premier essai, on branche les lampes sur le secteur alternatif à 50 c/s avec leur ballast classique.

	Lampes		
	n° 1.	n° 2.	n° 3.
Puissance consommée (ballast + lampe tubulaire) (W)	25,75	24,5	24,57
Éclairement à 1 m (lx)	100	90	95
Puissance consommée dans la lampe seule (W)..............	17,5	13,6	12
Puissance au compteur de l'E. D. F., environ (W)	20	20	20
Courant déwatté non marqué au compteur..................	5,75	4,5	4,57

Ces trois lampes sont ensuite successivement adaptées à un générateur basse fréquence allant jusqu'à 20 kc/s, et l'on recherche la puissance nécessaire pour obtenir sur différentes fréquences le même éclairement qu'à 50 c/s; l'expérience montre parfaitement que cette puissance diminue avec l'augmentation optimale de la fréquence, la bande des fréquences préférentielles se situant pour les trois lampes entre 9 et 11 kc/s.

	Lampes		
	n° 1.	n° 2.	n° 3.
Puissance absorbée par la *lampe seule* :			
— à 50 c/s environ (W)	17,5	13,5	12
— à la fréquence préférentielle (W)	12,4	10,1	9,7

Examinons l'un de ces résultats, celui de la lampe n° 3, par exemple, on observe que dans ce cas — le moins favorable —, il suffit cependant d'une puissance de 9,7 W à la fréquence préférentielle pour obtenir un éclairement égal à celui qui est atteint lorsque le tube est alimenté sur le secteur 50 c/s avec son ballast classique, et que, dans ce cas, la consommation totale de la lampe et du ballast atteint 24,57 W.

Par contre, lorsque le tube est excité à la fréquence préférentielle avec un rendement de conversion égal à 80 % environ, la consommation totale, contrôlée par l'élévation de la tension sinusoïdale aux bornes d'une résistance prise en série, descend à 12 W, soit à la moitié environ de la puissance absorbée à la fréquence de 50 c/s.

(*) Séance du 11 septembre 1961.

(1) J. Ch. Risler, *Bull. Soc. franç. Électr.*, n° 27, juillet 1923. J. Ch. Risler, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 2326.

ÉLECTROCHIMIE. — *Substitution en milieux hydro-organiques d'une électrode de verre à l'électrode à* H_2 *d'une pile comprenant une électrode* Ag-AgCl. Note de MM. **Jean-Pierre Morel**, **Philippe Séguela** et **Jean-Charles Pariaud**, présentée par M. Georges Champetier.

L'électrode de verre est couramment employée comme indicatrice d'ions H^+ dans des solvants hydro-organiques ou même dans des milieux anhydres. Moyennant certaines précautions, elle se comporte, dans ces milieux, comme une électrode à hydrogène. Nous nous sommes proposés de comparer, à 25°C, les forces électromotrices des deux piles définies par les schémas suivants :

(I) Pt, H_2/HCl (m), Solvant X/AgCl, Ag.

(II) Électrode de verre/HCl (m), solvant X/AgCl, Ag.

Ces forces électromotrices peuvent s'exprimer en fonction des potentiels d'électrodes :

$$(1)\qquad E = E^0_{Ag} - E^0_H - k \log a_{Cl^-} - k \log a_{H^+},$$

$$(2)\qquad -E' = E^0_{Ag} - E^0_V - k \log a_{Cl^-} - k' \log a_{H^+}.$$

Par analogie avec E_H, le potentiel de l'électrode de verre a été mis sous la forme

$$E_V = E^0_V + k' \log a_{H^+}.$$

Dans cette relation, on n'estimera pas, *a priori*, que les valeurs de E^0_V et de k' sont constantes, spécialement dans les milieux étudiés.

Les valeurs de E et E' peuvent être reliées à partir de (1) et (2) par l'équation

$$(3)\qquad E = -E' + E^0_V + (k' - k) \log a_{H^+}.$$

Dans le domaine de concentration étudié, et pour HCl, on adopte l'approximation classique

$$a_{H^+} = a_{Cl^-} = a_{HCl}$$

qui permet de calculer $\log a_{ClH}$ à partir de E, et de porter cette valeur dans l'équation définissant E'. On obtient ainsi :

$$(4)\qquad E = \frac{-2k}{k + k'} E' + \frac{2k}{k + k'} E^0_V - \frac{k - k'}{k + k'} E^0_{Ag}.$$

Pour les solvants mixtes étudiés, les résultats expérimentaux conduisent à une relation linéaire entre E et E' :

$$(5)\qquad E = aE' + b, \qquad \text{avec} \quad a \simeq -1.$$

On propose d'identifier les deux dernières relations terme à terme :

$$a = \frac{-2k}{k + k'} \simeq -1, \qquad \text{soit} \quad k' \simeq k$$

qui entraîne

$$b = \text{Cte}; \qquad E_V^0 = \text{Cte}.$$

La valeur de E, pour une solution aqueuse de HCl 0,1 N est 352,5 mV. La valeur de E′, dans les mêmes conditions est E_R; elle n'est pas constante et dépend de l'état de l'électrode de verre. La valeur de E_V^0, bien que constante dans tous les milieux, ne peut caractériser l'électrode. Il convient de déterminer la valeur E_R avant toute série de mesures. Dans le cas particulier d'une solution de HCl 0,1 N :

$$352,5 = aE_R + b,$$

ce qui permet d'introduire la valeur de b dans la relation (5) :

$$E = aE' + 352,5 - aE_R.$$

Soit

$$\frac{E - 352,5}{E' - E_R} = a$$

Il devient possible de calculer E à partir de E′. Cette relation peut être étendue aux cas où $a_{H^+} \neq a_{Cl^-}$. En effet, dans la relation (3) le terme $(k - k') \log a_{H^+}$ peut être négligé puisque $k \simeq k'$.

Des solutions d'HCl ($0,002 < m < 0,1$) ont été préparées dans des milieux contenant jusqu'à 94,3 % (en poids) d'éthanol, ou 90 % de méthanol, ou 33,2 % d'acétone. Les valeurs de E ont été, soit mesurées au laboratoire, soit relevées dans la littérature (1), (2), (3), (4); toutes celles de E′ ont été mesurées au demi-millivolt près.

Les couples de valeurs E et $(E' - E_R)$ vérifient la relation

$$\frac{E - 352,5}{E' - E_R} = a.$$

La pente a, déterminée au moyen de la méthode des moindres carrés pour une cinquantaine de couples, est égale à — 1,0097. L'erreur moyenne ΔE est égale à 1,5 mV. L'erreur sur la valeur de a ne peut donc être inférieure à 1 %.

$$a = -1,01 \pm 0,01.$$

Pour les électrodes de verre employées, cette valeur de a permet donc d'utiliser la relation thermodynamique de Nernst et de calculer la force électromotrice de la pile si l'électrode de verre était remplacée par une électrode à hydrogène.

(1) J. A. V. Butler et C. H. Robertson, *Proc. Roy. Soc.*, 125, A, 1929, p. 694.
(2) H. S. Harned et D. S. Allen, *J. Phys. Chem.*, 58, 1954, p. 191.
(3) I. T. Oiwa, *J. Phys. Chem.*, 60, 1956, p. 754.
(4) D. Feakins et C. M. French, *J. Chem. Soc.*, 1956, p. 3168.

(*Laboratoire de Chimie physique,
Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand, Puy-de-Dôme.*)

PHYSIQUE DES MÉTAUX. — *Sur l'observation micrographique des dislocations dans le chrome.* Note de MM. **Pierre-A. Jacquet** et **Christopher W. Weaver**, présentée par M. Georges Chaudron.

Le problème de la détection des traces de précipitation dans le chrome a été résolu grâce à la technique du polissage-attaque électrolytique local au tampon [1] associée à l'observation optique à l'aide du contraste interférentiel à deux ondes polarisées [2].

Pour le polissage la tension à vide est réglée à 32-34 V et le tampon imbibé d'électrolyte (contenant en volume : 1 p. $HClO_4$ de densité 1,61 ; 5 p. HCO_2CH_3 ; 5 p. butylglycol) est approché de la surface afin que le contact s'établisse sur le ménisque de la goutte de liquide. Pour limiter l'échauffement il est préférable d'opérer par stades successifs de 30 à 45 s. séparés par lavage et séchage du spécimen.

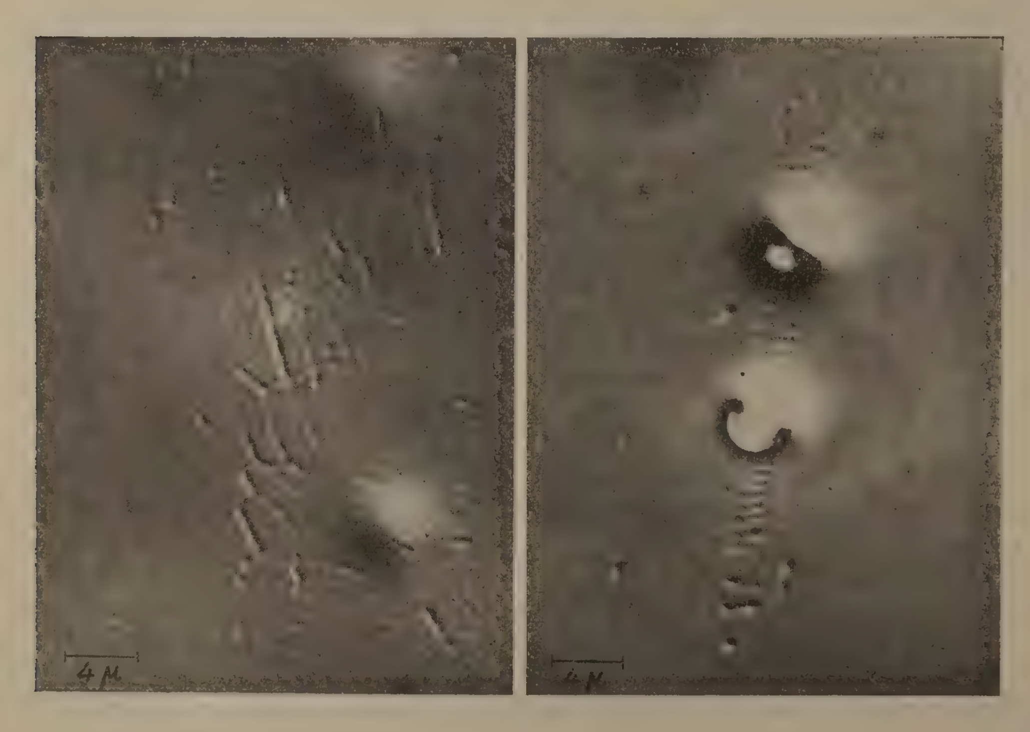


Fig. 1 (G × 2 500). Fig. 2 (G × 2 500).

Sur diverses éprouvettes de chrome, élaborées en Australie par fusion à l'arc en atmosphère neutre, filage à 1250°C et recuit de 1 h sous vide à 1200-1250°C, contenant des teneurs variables en O_2 (0,009 à 0,026 %) et en N_2 (0,0005 à 0,032 %) avec au total environ 0,0023 % d'autres impuretés, y compris le carbone, le polissage révèle de petites inclusions arrondies

d'oxyde dissoutes préférentiellement. Le nitrure est visible seulement dans le métal à 0,032 % N_2 sous forme de chapelets de particules intergranulaires et de petites aiguilles, d'ailleurs peu nombreuses, assez bien orientées au sein des grains équiaxiaux.

Des aspects nouveaux apparaîssent lorsque la surface est ensuite attaquée pendant quelques minutes, dans les conditions du polissage mais sous une tension de 4 V environ afin que le courant ne dépasse pas 7 à 10 mA.

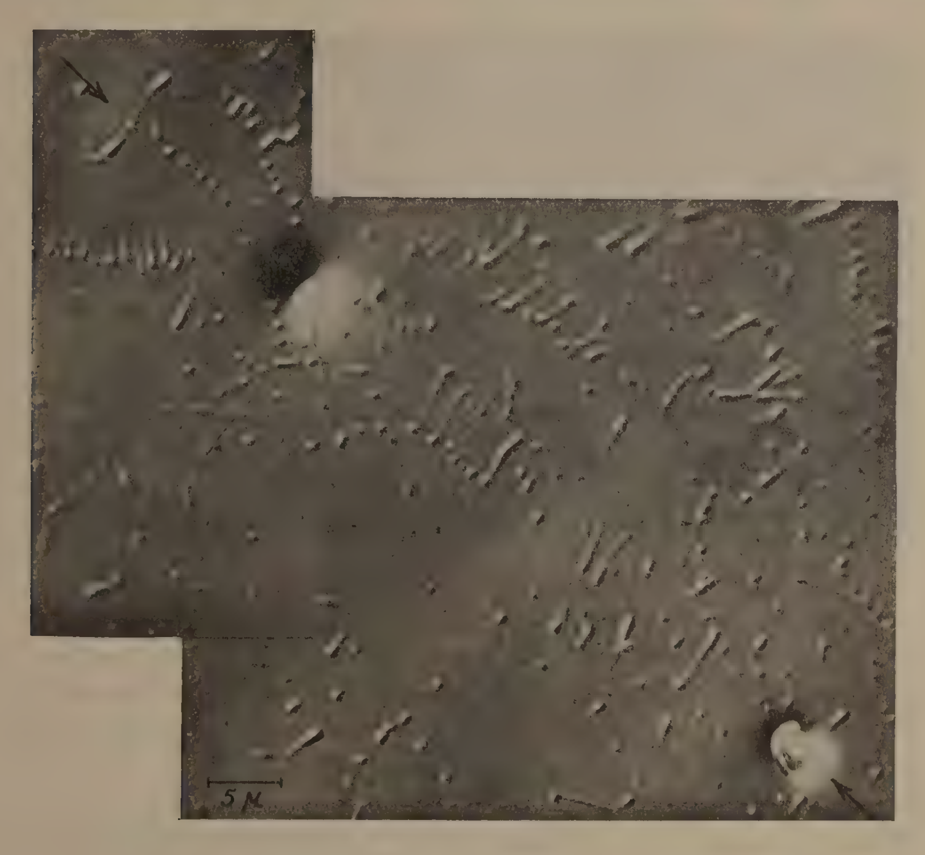


Fig. 3 (G × 2 000).

Parmi les images d'attaque nous nous limiterons à celles qui caractérisent un spécimen ductile au-dessus de + 50°C, renfermant 0,009 % O_2 et 0,0014 % N_2. Les exemples des figures 1 à 5 prises avec le contraste interférentiel correspondent manifestement à des dislocations décorées par un précipité presque submicroscopique qui peut être soit le nitrure normal Cr_2N, soit des rassemblements d'atomes d'azote à un stade préparatoire. On reconnaît les motifs typiques des boucles, empilements et réseaux polygonaux. A l'échelle près, ils ressemblent d'une façon frappante aux images électroniques directes des dislocations. C'est ainsi que la figure 1 rappelle les dislocations en zigzags observées et interprétées dans le réseau du fer α ([3]).

Notons également les très fréquents exemples d'interaction avec les inclusions d'oxyde (*fig.* 2). Celles-ci en créant un champ de contrainte à grande distance amorceraient des sources multiplicatrices, ainsi que le font des inclusions artificielles dans le chlorure d'argent ([4]). Un autre exemple de ce phénomène est montré figure 3 où les flèches repèrent l'axe commun à deux inclusions sur lequel s'alignent des boucles plus ou moins complètes.

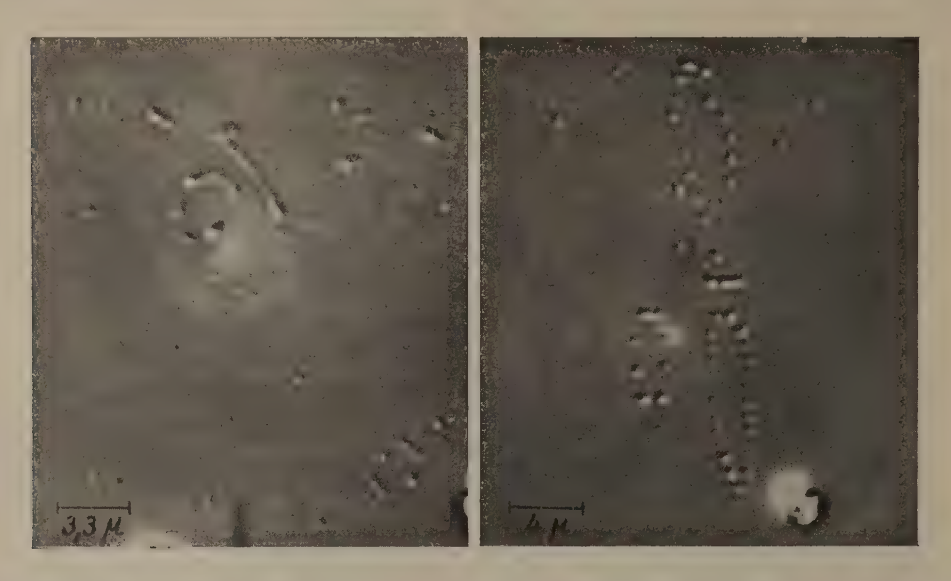


Fig. 4 (G × 3 000). Fig. 5 (G × 2 500).

Des aspects identiques, cependant moins variés et moins fréquents, ont été trouvés dans un spécimen à 0,015 % O_2 et 0,0026 % N_2 rendu ductile à l'ambiante par prédéformation de 2 % à 400°C ([5]).

En conclusion, la méthode proposée est un moyen simple et rapide pour l'étude systématique des relations entre les propriétés mécaniques et la structure fine du chrome. Les résultats résumés ici, et d'autres qui seront discutés ailleurs, confirment le rôle fondamental des dislocations qui attirent l'azote. De plus, les inclusions d'oxyde interviennent en amorçant des sources multiplicatrices.

(1) P.-A. Jacquet, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 2068; *Metalloberflâche*, 14, 1960, p. 132 et 163.

(2) G. Nomarski et Mme A. R. Weill, *Rev. Métall.*, 52, 1955, p. 121; P.-A. Jacquet, *Ibid.*, 54, 1957, p. 663.

(3) W. Carrington, K. F. Hale et D. Mc Lean, *Proc. Roy. Soc.*, 259, 1960, p. 203.

(4) D. J. Barber, K. B. Harvey et J. W. Mitchell, *Phil. Mag.*, 2, 1957, p. 704; D. A. Jones et J. W. Mitchell, *Ibid.*, 3, 1958, p. 1.

(5) C. W. Weaver, *Nature*, 180, 1957, p. 806.

MÉTALLURGIE. — *Textures statistiques.*

Note (*) de M. **Marc Salesse**, transmise par M. Francis Perrin.

On calcule la probabilité pour que des textures intéressant un nombre n de grains soient présentes dans une direction donnée d'un solide polycristallin par un phénomène de fluctuation statistique. Les résultats obtenus sont appliqués au cas de l'uranium.

Les textures apparaissent en général dans les polycristaux sous l'effet de traitements physiques qui orientent d'une manière anisotrope certains axes privilégiés.

Cependant, même en supposant l'absence de toute cause physique extérieure de ce genre, on peut imaginer qu'une population de n grains cristallins, présente une orientation préférentielle due au hasard.

Dans le cas d'un réseau cristallin présentant une anomalie de propriété (dilatation, conductivité, magnétisme, diffusion, glissements, etc.) suivant un axe X, la probabilité pour que l'axe X soit contenu dans le cône d'angle solide Ω et d'axe donné D est

$$p=\frac{\Omega}{2\pi}$$

et la valeur probable du nombre de cristaux ayant leur axe X contenu dans l'angle Ω est np.

La probabilité d'avoir, dans l'angle Ω non plus np axes X, mais au moins $r = 1{,}1, \ldots, 1{,}2, \ldots, 1{,}3\,np$, c'est-à-dire un excès de 10, 20, 30 % par rapport à la valeur probable, est la probabilité cumulée de la loi binominale

$$\mathrm{P}=\sum_{x=r}^{x=n} \mathrm{C}_n^x p^x(1-p)^{n-x}.$$

Les courbes ci-après ont été établies pour

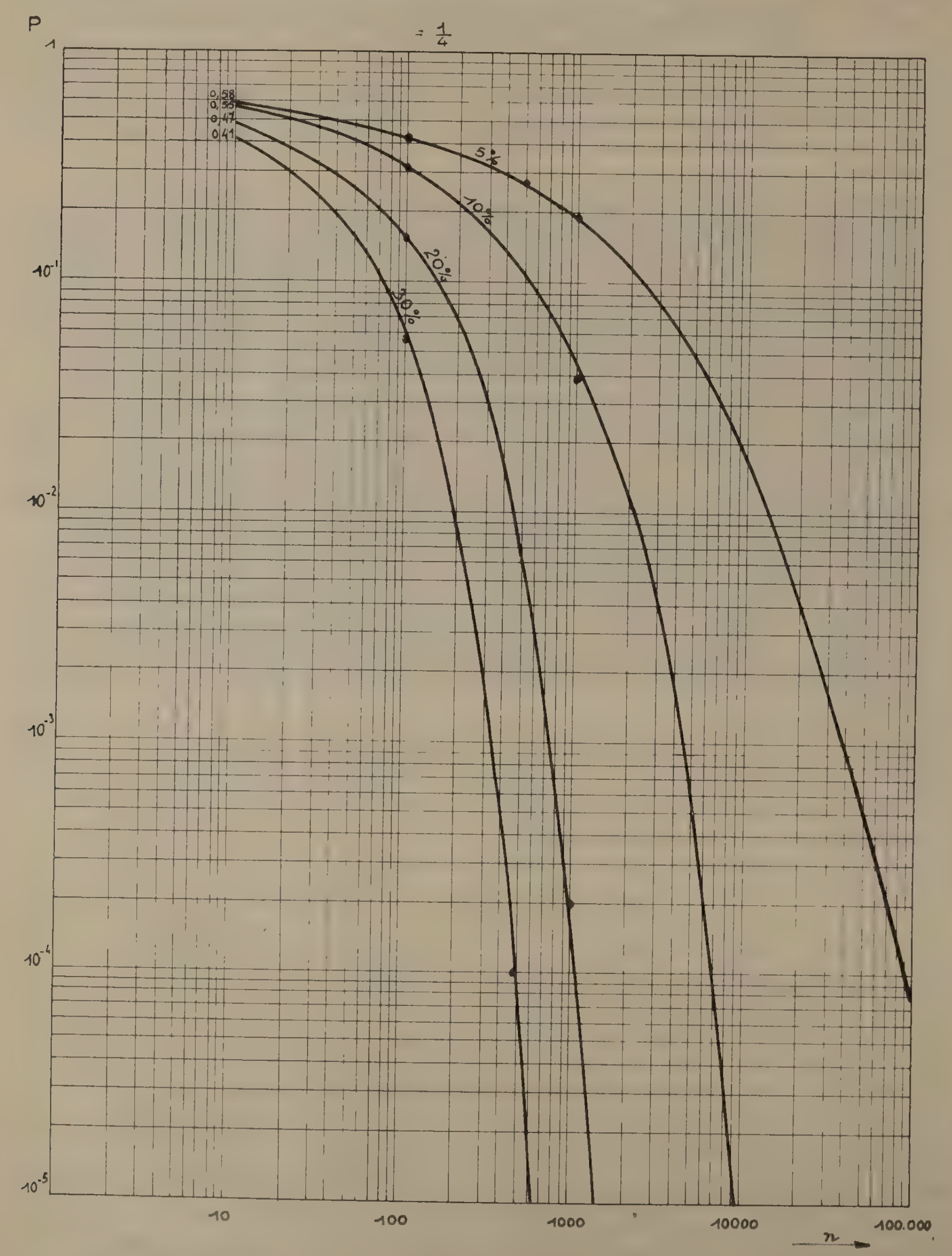
$$\Omega=\frac{2\pi}{4}, \qquad \text{c'est-à-dire} \quad p=\frac{1}{4},$$

$$r=1{,}05, \quad \ldots, \quad 1{,}1, \quad \ldots, \quad 1{,}2, \quad \ldots, \quad 1{,}3\,np.$$

On voit que la probabilité d'un accident de texture dans une direction donnée est d'autant plus grande, comme il fallait s'y attendre, que n est plus faible et la texture moins prononcée. Les valeurs obtenues suggèrent que des accidents de texture dans les polycristaux puissent être à la fois assez probables, assez intenses, et assez volumineux pour être décelés expérimentalement dans des cas favorables, par l'anisotropie locale qu'ils créent.

Application au cas de l'uranium. — Les barreaux d'uranium utilisés dans les réacteurs atomiques ont en général des diamètres de l'ordre de 1

à 4 cm. On peut supposer (mais cela resterait à vérifier expérimentalement) que la présence d'une texture dans un volume de 1 ml risque de conduire à une déformation du barreau au cours du fonctionnement du réacteur.



Le grain de l'uranium ayant des dimensions de l'ordre de quelques millimètres pour de l'uranium brut de coulée, de 1 mm à quelques centaines de microns pour de l'uranium affiné par trempe, l'ordre de grandeur du nombre de grains par centimètre cube est 10 à 100 pour de l'uranium brut de coulée; 1 000 à 100 000 pour de l'uranium traité.

Les probabilités d'accident de texture [010] par exemple, dans un volume de 1 ml sont alors (pour $\Omega = 2\pi/4$ et des fluctuations d'orientation de + 20 et + 30 %) données dans le tableau suivant :

	100 grains/cm³.	1 000 grains/cm³.	10 000 grains/cm³.
20 %............	$1,5.10^{-1}$	2.10^{-4} soit 1 cm³ anisotrope dans 100 kg d'uranium	$\sim 10^{-9}$ soit 1 cm³ anisotrope dans 20 000 tonnes
30 %............	5.10^{-2}	10^{-6} soit 1 cm³ anisotrope dans 20 tonnes	$\ll 10^{-9}$

On peut conclure que, si les faibles accidents de texture envisagés avaient réellement un effet sur la stabilité dimensionnelle des barreaux d'uranium, il serait d'une grande importance pratique de réaliser avec certitude un bon affinage du grain; d'une manière plus précise, le gain de sécurité est considérable en passant de 1 000 à 10 000 grains/ml, c'est-à-dire à peu près de grains de 1 mm à des grains de 500 μ.

Le diamètre de 500 μ apparaît donc, pour le critère considéré, comme voisin d'un diamètre critique au-dessous duquel il importerait de maintenir le diamètre du grain.

Il faut en outre noter que les probabilités précédentes seraient augmentées, si l'on tenait compte de la contribution des angles solides non coaxiaux avec le barreau, ou d'autres axes anisotropes du cristal, ou de textures moins accusées.

(*) Séance du 11 septembre 1961.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le mécanisme de formation des solutions solides entre oxydes par coprécipitation à l'état amorphe.* Note de MM. **Jean Lefèvre, Robert Collongues** et **François Leprince-Ringuet**, présentée par M. Georges Chaudron.

Dans une publication précédente, nous avons décrit une méthode de préparation de solutions solides entre oxydes réfractaires par coprécipitation à l'état amorphe [1]. On pouvait se demander si, au cours de ce mode de préparation, la formation de la solution solide se produisait dès la précipitation, ou intervenait ultérieurement au cours du chauffage à une température égale ou supérieure à la température de cristallisation.

Nous nous proposons dans cette Note de montrer que la solution solide est déjà formée au moment de la cristallisation du coprécipité et prend donc naissance à l'état amorphe. Nos expériences sont effectuées au moyen de la diffraction des rayons X et de l'analyse thermique différentielle.

Nous avons préparé par deux méthodes différentes une solution solide ZrO_2-Nd_2O_3 contenant 15 mol % d'oxyde de néodyme.

a. Un premier échantillon est préparé à partir d'un mélange, dans les proportions convenables, d'un précipité de zircone d'hydratée obtenue par action de l'ammoniaque concentré sur une solution aqueuse d'oxychlorure de zirconium et d'un précipité d'hydroxyde de néodyme obtenu par action de l'ammoniaque concentré sur une solution chlorhydrique d'oxyde de néodyme.

La courbe d'analyse thermique différentielle entre 20 et 1000°C du produit obtenu résulte de la superposition des courbes d'analyse thermique différentielle des deux hydroxydes. Elle présente deux pics partiellement superposés vers 360°C (*fig.* 1 *a*, *b*, *c*). Le premier, endothermique, correspond au départ de 2 mol d'eau de l'hydroxyde de néodyme; le deuxième, exothermique, correspond à la cristallisation de la zircone. Après refroidissement, l'étude par rayons X indique la présence de zircone monoclinique et d'oxyde de néodyme hexagonal. La solution solide se forme par chauffage à une température beaucoup plus élevée.

b. Un deuxième échantillon est préparé par coprécipitation par l'ammoniaque concentré à partir d'une solution d'oxychlorure de zirconium et de chlorure de néodyme. La courbe d'analyse thermique différentielle obtenue présente un seul pic exothermique à 570°C (*fig.* 1 *d*). L'étude aux rayons X montre qu'il correspond à la transformation du coprécipité amorphe en une phase cristallisée cubique : la solution solide de l'oxyde de néodyme dans la zircone [2].

D'autre part, la température de cristallisation d'une série de coprécipités à base de zircone varie avec la teneur en oxyde d'addition. Nous avons

mis en évidence ce phénomène en étudiant la cristallisation de solutions solides ZrO_2-M_2O_3 (M, cation trivalent des terres rares) et ZrO_2-MO_2 (M, cation tétravalent) contenant de 0 à 15 mol % d'oxyde d'addition.

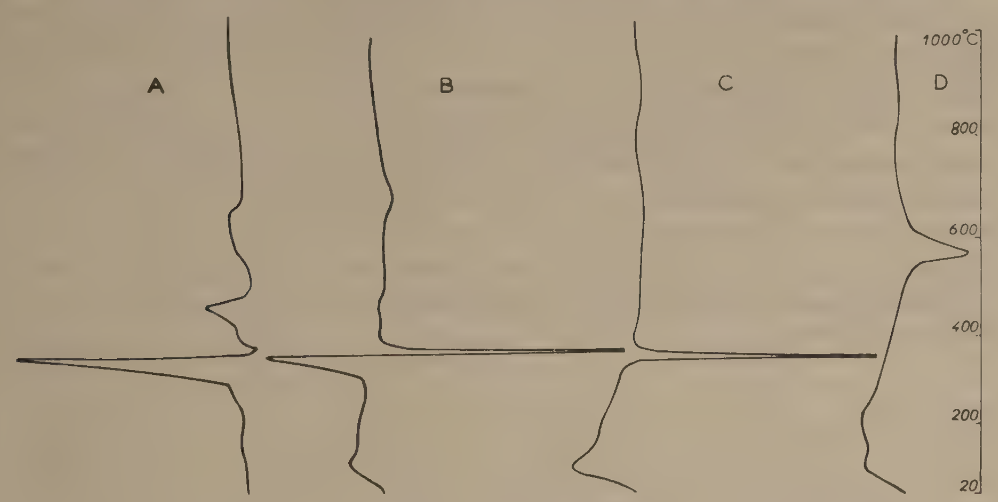


Fig. 1. — Courbes d'analyse thermique différentielle au chauffage :
A, de l'hydroxyde de néodyme précipité;
B, du mélange des précipités de zircone hydratée et d'hydroxyde de néodyme;
C, du précipité de zircone hydratée;
D, du coprécipité : zircone-oxyde de néodyme (15 mol % N_2dO_3).
Vitesse de chauffage : 10°C/mn.
Sens de l'effet thermique : endothermique (←); exothermique (→).

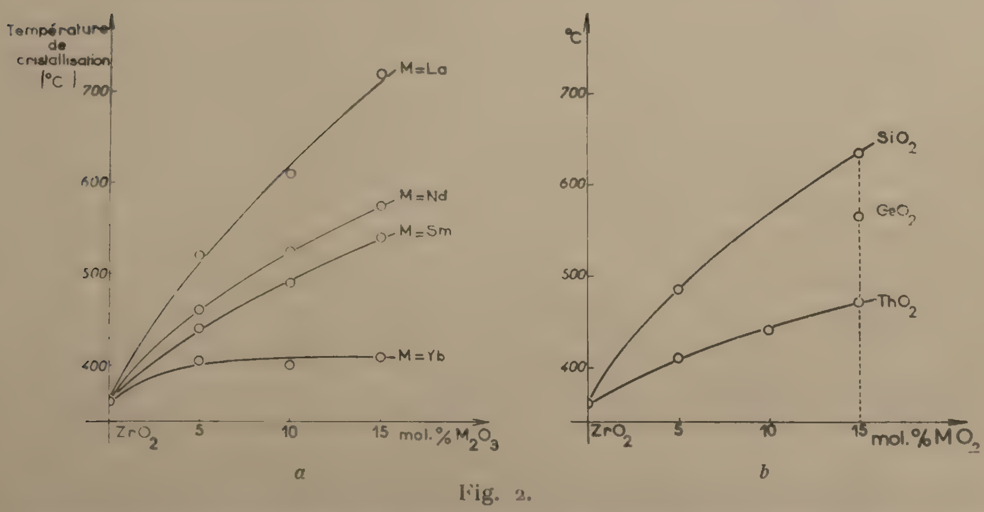


Fig. 2.

a. Variation de la température de cristallisation des coprécipités zircone-oxyde de terre rare en fonction de la teneur en oxyde de terre rare.

b. Variation de la température de cristallisation des coprécipités zircone-oxyde de métal tétravalent en fonction de la teneur en oxyde MO_2.

Les résultats de nos expériences conduisent aux conclusions suivantes :

1° Pour une teneur donnée en oxyde de terre rare, la température de cristallisation est d'autant plus élevée que le rayon ionique du cation de

l'élément terre rare est plus élevé ($r_{Yb^{3+}} = 0,86$ Å; $r_{Sm^{3+}} = 1,00$ Å; $r_{Nd^{3+}} = 1,04$ Å; $r_{La^{3+}} = 1,14$ Å) (*fig.* 2 *a*).

2° La température de cristallisation d'une série de coprécipités à base de zircone augmente régulièrement à mesure que la teneur en oxyde de terre rare augmente (*fig.* 2 *a*). L'étude des solutions solides ZrO_2-MO_2 (M = Si, Ge, Th) confirme cette conclusion (*fig.* 2 *b*).

La phase amorphe obtenue par coprécipitation peut donc être considérée comme une véritable solution solide dont la température de cristallisation varie régulièrement avec la composition.

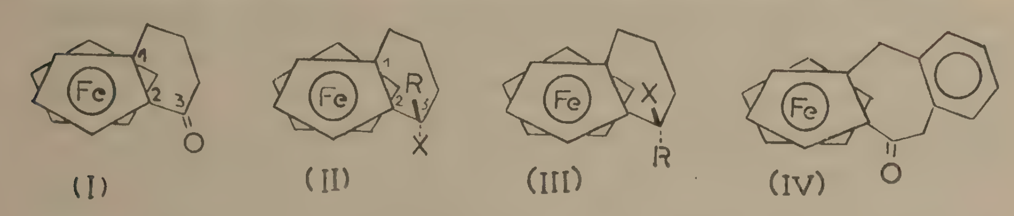
(1) J. Stocker et R. Collongues, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 431.

(2) J. Lefèvre, R. Collongues et Mme Monique Perez y Jorba, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 2329.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés 1-2 condensés du ferrocène.* Note de MM. **Jacques Boichard** et **Jean Tirouflet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Recherche de voies d'accès aux isomères endo et exo dérivés des cycles 1-2 condensés sur le ferrocène. Synthèse d'alcools et d'amines dérivés de la ferroco-1.2 cyclohexanone-3. Action du ferrocène sur l'anhydride homophtalique.

L'étude physicochimique des dérivés 1-2 condensés sur l'un des noyaux cyclopentadiéniques du ferrocène promet d'apporter d'utiles renseignements sur le rôle stérique de l'atome de fer. A ce point de vue, il nous a semblé intéressant d'étudier la stéréospécificité des réactions qui doivent normalement conduire de la ferroco-1.2 cyclohexanone-3 (I) [1], [2] ou



de ses dérivés aux deux isomères *endo* et *exo* (II) et (III). L'action du bromure de phénylmagnésium et du bromure de thiénylmagnésium sur (I) donne respectivement deux alcools : ferroco-1.2 phényl-3 cyclohexanol-3 ($C_{20}H_{20}OFe$) F 140° et ferroco-1.2 thiényl-3 cyclohexanol-3 ($C_{18}H_{18}OSFe$) F 90°. Par raison stérique les deux alcools isolés doivent correspondre à la structure *endo* (II, X=OH, R=C_6H_5 ou C_4H_3S) et il nous a été impossible d'isoler un deuxième isomère tel que (III). La structure proposée semble confirmée par l'étude du spectre infrarouge : la bande caractéristique du OH est en effet voisine de celle signalée récemment par Trifan et Bacskai [3], [4] pour l'alcool secondaire *endo* (II, R=H, X=OH) obtenu concurremment avec le composé *exo* dans la réduction de la cétone (I). L'iodure de méthylmagnésium donne vraisemblablement un mélange des deux alcools tertiaires prévus, mais ces alcools se déshydratent spontanément au cours de l'hydrolyse en un composé éthylénique ($C_{15}H_{16}Fe$) É[illegible] 104-106° qui, d'après la règle de Zaïtsev doit correspondre au ferroco-1.2 méthyl-3 cyclohexène-3.

L'oxime de (I) ($C_{14}H_{15}ONFe$) F 140-141°, préparée en présence d'un grand excès de soude, a été soumise à la réduction par $LiAlH_4$. La réaction apparaît également dans ce cas hautement stéréospécifique car nous n'avons pu isoler qu'une seule amine : ferroco-1.2 cyclohexylamine-3 ($C_{14}H_{17}NFe$) F 129-130°; dérivé acétaminé ($C_{16}H_{19}ONFe$) F 130-131°.

Pour tenter une voie d'accès à la cétone (IV), nous avons étudié l'action du ferrocène sur l'anhydride homophtalique. La réaction conduite dans le chlorure de méthylène en présence de $AlCl_3$ donne les deux

acides-cétones isomères séparables par triage des cristaux obtenus à partir d'une solution dans un mélange éther-éther de pétrole : acide α-ferrocénoyl *o*-toluique (V) ($C_{19}H_{16}O_3Fe$) aiguilles rouge grenat F 171-172° et acide *o*-ferrocénoylphénylacétique (VI) ($C_{19}H_{16}O_3Fe$) F 175-176° [ester méthylique ($C_{20}H_{18}O_3Fe$) F 116°].

La structure respective de ces deux acides a pu être établie en réalisant directement la synthèse de l'acide (VI) par la méthode d'Arndt-Eistert. A cette fin, l'acide *o*-ferrocénoylbenzoïque (VII), préparé par action du ferrocène sur l'anhydride phtalique [1] a tout d'abord été traité par PCl_3 pour obtenir le chlorure d'acide puis la cétone (VIII).

$$FcH \nearrow + \text{An. H. Pht.} \rightarrow \underset{(V)}{FcCOCH_2C_6H_4CO_2H} + \underset{(VI)}{FcCOC_6H_4CH_2CO_2H}$$

$$FcH \searrow + \text{An. Pht.} \rightarrow \underset{(VII)}{FcCOC_6H_4CO_2H} \rightarrow \underset{(VIII)}{FcCOC_6H_4COCHN_2} \uparrow (VI)$$

$$(Fc = C_5H_5FeC_5H_4—)$$

Le composé obtenu dans l'action de PCl_3 sur (VII) ne correspond pas au chlorure d'acide attendu, mais répond à la formule $C_{18}H_{13}O_3PCl_2Fe \rightarrow F_{déc.}$ 150-152°. Cette formule semble correspondre à un anhydride mixte $FeCOC_6H_5COOPCl_2$ dont aucun exemple ne semble avoir été signalé à notre connaissance. Ce composé réagit par contre normalement sur le diazométhane en donnant la diazocétone (VIII) qui, transposée en présence d'oxyde d'argent donne finalement l'acide cétone (VI).

Les échantillons d'acide (VI) obtenus par ces deux voies sont identiques (point de fusion du mélange inchangé et spectres infrarouges identiques).

Les deux acides V et VI réduits par la méthode de Clemmensen donnent respectivement l'acide ferrocénylméthyl *o*-toluique ($C_{19}H_{18}O_2Fe$) F 112-114° et l'acide *o*-ferrocénylméthylphénylacétique ($C_{19}H_{18}O_2Fe$) F 138°.

Pour établir la structure de l'acide (VI), nous avons également tenté de le décarboxyler en présence de quinoléine et de cuivre. Le produit obtenu dans ces conditions ne correspond point à la ferrocényl (*o*-toluyl) cétone attendue mais à une dicétone cyclique. Cette dicétone : benzo-1.2 ferroco-4.5 cycloheptadione-3.6 ($C_{19}H_{14}O_2Fe$) a enfin pu être obtenue également par cyclisation de l'acide (VI) en présence d'acide polyphosphorique. Elle se présente sous deux formes cristallines F 132° et 140-141° et constitue une nouvelle matière première pour la synthèse de couples d'isomères *endo-exo*.

(1) A. N. NESMEYANOV, N. A. VOL'KENAU et V. D. VIL'CHESKAYA, *Dokl. Akad. Nauk. S. S. S. R.*, 118, 1958, p. 512.

(2) K. L. RINEHART et R. J. CURBY, *J. Amer. Chem. Soc.*, 79, 1957, p. 3290.

(3) D. S. TRIFAN et R. BACSKAI, *J. Amer. chem. Soc.*, 82, 1960, p. 5010.

(4) D. S. TRIFAN et R. BACSKAI, *Tetrahedron letters*, 13, 1960, p. 1.

(*Laboratoire de Chimie générale, Faculté des Sciences, Dijon.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une anomalie polarographique de certains aldéhydes mononitrés. Étude chronopotentiométrique.* Note de MM. **Étienne Laviron** et **Henri Troncin**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'étude polarographique de divers aldéhydes nitrés fait apparaître un dédoublement de la vague à 4 F du groupement NO_2. Cette anomalie s'interprète dans l'hypothèse d'une réaction d'hydratation partielle du carbonyle en milieu aqueux. Les constantes d'équilibre et de vitesse de la réaction sont mesurables par chronopotentiométrie.

Poursuivant l'étude des anomalies provoquées par l'hydratation du groupement carbonyle de certains aldéhydes [1], nous avons examiné le comportement polarographique et chronopotentiométrique de l'*o*-nitrobenzaldéhyde, du nitro-5 furfural et du nitro-5 thiophénaldéhyde-2. Les mesures ont été faites en solution hydroalcoolique (10 % d'alcool) tamponnée. La concentration en dépolarisant était de 10^{-3} M/l. En chronopotentiométrie, l'électrode de travail était constituée par une nappe de mercure d'un diamètre apparent de 1,2 cm.

Polarographie. — Aux pH compris entre 1 et 7, le polarogramme des trois aldéhydes examinés présente une anomalie : la réduction de NO_2 en NHOH a lieu en deux vagues successives, la hauteur totale correspondant à un processus à 4 F (*fig.* 1).

La première vague atteint 55 % de la hauteur totale pour le nitrofurfural, et 80 % pour l'*o*-nitrobenzaldéhyde et le nitro-5 thiophènaldéhyde-2. Elle possède les caractéristiques d'un courant de diffusion : le courant limite varie sensiblement comme la racine carrée de la hauteur du réservoir de mercure, et le coefficient de température est inférieur à 2 % par degré.

Ce dédoublement anormal de la vague du groupe nitré s'interprète aisément dans l'hypothèse d'une hydratation partielle du carbonyle. Les deux formes obtenues donnent lieu à l'équilibre

$$\underset{(I)}{NO_2{-}R{-}CHO} + H_2O \underset{k_f}{\overset{k_b}{\rightleftharpoons}} \underset{(II)}{NO_2{-}R{-}CH(OH)_2}$$

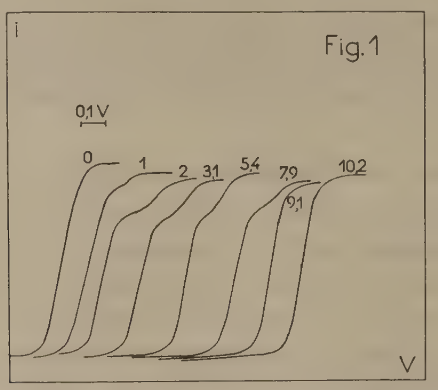
avec

$$\frac{K}{[H_2O]} = \frac{(I)}{(II)}.$$

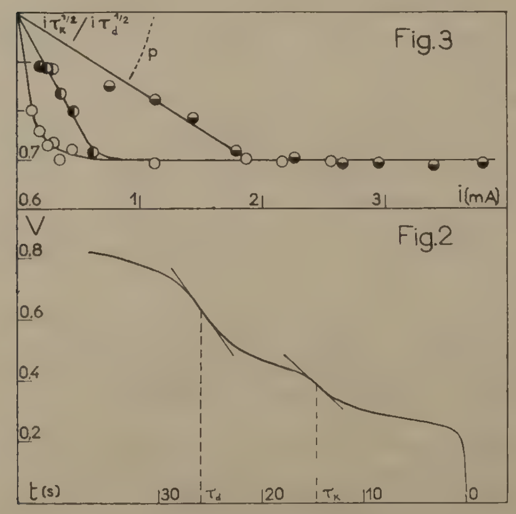
La première vague correspond à la réduction du NO_2 sous l'influence de CHO (forme I), la seconde à la réduction de NO_2 sous l'influence de $CH(OH)_2$ (forme II). La croissance de la première vague aux dépens de la seconde, observée en milieu acide ou basique, est en bon accord avec cette interprétation. Dans ces régions on sait en effet que la catalyse acide ou basique donne naissance à un courant cinétique de déshydratation [1], [2].

L'hypothèse d'une hydratation a d'ailleurs été confirmée par spectroscopie et par polarographie dans le cas du nitrofurfural [3].

L'absence de caractères cinétiques de la première vague et son importance vis-à-vis du courant total excluent l'emploi de la théorie de Koutecky pour interpréter quantitativement le phénomène. A cet effet il est plus avantageux de recourir à la chronopotentiométrie.



Polarogrammes de l'*o*-nitrobenzaldéhyde à différents pH.
Origine des courbes OV.



Chronopotentiogramme de l'*o*-nitrobenzaldéhyde (pH 3,1; $i = 0,358$ mA)
et diagramme $i\sqrt{\tau_K}/i\sqrt{\tau_d} = f(i)$.

Chronopotentiométrie. — Le chronopotentiogramme se compose de deux vagues situées à des potentiels correspondant sensiblement aux potentiels de demi-vague polarographiques (*fig.* 2). Le diagramme $i\,\tau_K^{1/2}/i\,\tau_d^{1/2} = f(i)$ (i, courant d'électrolyse) a l'aspect caractéristique obtenu dans le cas d'une réaction chimique précédant la réaction électrochimique (*fig.* 3).

La théorie de Delahay ([4]) permet le calcul des constantes d'équilibre et de vitesse à partir des résultats expérimentaux. On obtient

$$\{k_f + k_b[H_2O]\}^{\frac{1}{2}} = \frac{\pi^{\frac{1}{2}}}{\left\{2pi\tau_d^{\frac{1}{2}}\dfrac{K}{[H_2O]}\right\}},$$

$$\frac{\left(i\tau_K^{\frac{1}{2}}\right)_{i\to\infty}}{i\tau_d^{\frac{1}{2}}} = \frac{1}{\left\{1+\dfrac{[H_2O]}{K}\right\}}.$$

Le tableau résume les valeurs obtenues pour les divers aldéhydes à différents pH.

	pH.	$\frac{K}{[H_2O]}$.	k_f.	$k_b[H_2O]$.
o-nitrobenzaldéhyde	3,10	2,3	$1,5.10^{-2}$	$6,6.10^{-3}$
	7,91	2,3	$2\ .10^{-1}$	$8,7.10^{-2}$
	9,11	2,3	1,7	$7,2.10^{-1}$
Nitro-5 furfural	3,10	1	$2,5.10^{-2}$	$2,5.10^{-2}$
	7,91	1	$7,1.10^{-1}$	$7,1.10^{-1}$
Nitro-5 thiophènaldéhyde-2	3,10	2,3	$1\ .10^{-2}$	$4,4.10^{-3}$

En milieu très acide, l'apparition de vagues parasites sur les polarogrammes et les chronopotentiogrammes interdit toute mesure précise. La même raison limite l'étude quantitative, dans le cas du nitro-5 thiophènaldéhyde-2 et du nitro-5 furfural, à des pH inférieurs respectivement à 6 et 8.

Il ressort des résultats chronopotentiométriques que la première vague polarographique correspond sensiblement à un courant de diffusion pure entre pH 3 et 6. Ce résultat, dû à la faible vitesse de déshydratation dans cette région, est en bon accord avec les hypothèses émises précédemment ([5]). L'augmentation de k_f et de k_b en milieu basique dans le cas de l'*o*-nitrobenzaldéhyde semble attribuable à la catalyse par les ions borates plutôt que par les ions OH^-.

([1]) E. Laviron et J. Tirouflet, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 826.

([2]) K. Vesely et R. Brdicka, *Coll. czech. chem. Comm.*, 12, 1947, p. 313.

([3]) J. Stradins, S. Hiller et Y. Yurev, *Dokl. Akad. Nauk. S. S. S. R.*, 129, 1959, p. 816.

([4]) P. Delahay, *New Instrumental Methods in Electrochemistry*, Interscience Publishers, New-York, 1954, p. 197.

([5]) E. Laviron, *Thèse Sciences*, Dijon, 1961.

(*Laboratoire de Chimie générale, Faculté des Sciences, Dijon.*)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la nécessité du zinc comme oligoélément pour la synthèse de quelques aminoacides chez l'*Aspergillus Niger. Note de MM. **Didier Bertrand** et **André de Wolf**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le zinc qui intervient directement de façon spécifique dans la synthèse du tryptophane, de la tyrosine et de la phénylalanine chez l'*Aspergillus Niger* est également nécessaire au moins de façon indirecte à la synthèse de l'alanine, de la glycine, de la proline, de la thréonine, de la sérine, de la valine, de la leucine + isoleucine et de l'acide aspartique + glutamique.

Le fait que pour l'*Aspergillus Niger* le zinc soit indispensable à la synthèse des acides nucléiques (1) suffirait pour expliquer l'influence de cet oligoélément sur le taux de synthèse des protéines de ce champignon (2). Mais comme nous avons eu aussi l'occasion de démontrer que le zinc intervient dans la synthèse des trois aminoacides à noyau benzénique (3) il n'était pas exclu que ce métal puisse également intervenir directement dans la synthèse d'autres aminoacides. Nous exposons dans cette Note les premiers résultats obtenus lors des recherches effectuées dans le but d'éprouver cette hypothèse.

Comme précédemment nous avons opéré statistiquement de façon à diminuer les écarts individuels, d'ailleurs faibles, entre les cultures qui, par ailleurs sont conduites simultanément pour les milieux témoins, les milieux pauvres en zinc, et ceux pauvres en zinc, mais additionnés de cadmium, de façon à voir si ce métal, ici aussi, pouvait éventuellement remplacer au moins partiellement le zinc.

Les quantités de protéines synthétisées par les thalles cultivés dans un milieu pauvre en zinc, étant assez faibles, un difficile problème analytique se posait. Ayant contrôlé que la technique de Bizerte, Osteux, Lévy, Geschwind et Li (4) légèrement modifiée et déjà employée par nous, avec succès pour la phénylalanine (5) était encore valable pour l'alanine, la glycine, la proline, la thréonine, la sérine, la valine, la leucine + isoleucine, et l'acide glutamique + acide aspartique, nous avons suivi la synthèse de ces divers aminoacides dans les protéines extraites suivant la technique de Roberts et coll. (5). Dans le thalle témoin, la composition des protéines en divers aminoacides varie très peu au cours du temps au moins après la première phase de la croissance, mais il n'en est plus de même pour les thalles carencés en zinc. Aussi comme précédemment c'est le dosage de l'azote sur une faction aliquote de l'hydrolysat de protéines qui nous a permis de calculer au mieux le poids de celles-ci. Ne pouvant pas réaliser plus de 64 cultures à la fois, celles-ci devant être effectuées dans des récipients en silice transparente, l'expérience a été réalisée en deux temps : dans un premier lot, les milieux des cultures carencées ne renfermaient que 5 μg de zinc par litre, et la récolte n'a été commencée qu'au moment

où le thalle témoin avait atteint la deuxième phase de sa croissance; dans un deuxième lot, les milieux de cultures carencés renfermaient 15 μg de zinc et la première récolte fut faite de façon beaucoup plus précoce. De la sorte l'ensemble des résultats couvrent la totalité de la courbe de croissance et permettent en outre de mieux juger de l'action éventuelle du cadmium qui, nous l'avons montré, n'a d'effet visible sur le poids du thalle qu'en présence de suffisamment de zinc (7). De l'examen des résultats qui seront publiés de façon détaillée dans une autre revue, on peut constater les faits suivants : comme nous l'avons déjà publié, le taux de phénylalanine ne varie pratiquement pas au cours du temps pour les témoins (250 μg de zinc par litre de milieu) et sa synthèse qui est la première à s'arrêter semble être de ce fait la cause déterminante de l'arrêt de synthèse protéinique. Mais il n'en est pas de même pour les autres aminoacides étudiés ici. Dans la première phase de la croissance (8) le taux de thréonine passe de environ 2 % à environ 4 % pour se stabiliser ensuite; celui de la leucine + isoleucine passe de un peu plus de 4 % à environ 7 % pour se stabiliser ensuite. De façon analogue les taux de sérine et de valine et un peu moins pour la glycine, augmentent dans la première phase de la croissance. Pour les thalles carencés en zinc deux cas se présentent :

1. le milieu renferme 15 μg de zinc. Le taux de tout ce groupe d'aminoacides est plus faible au départ de la culture que pour les témoins, mais dès que le temps de la culture correspond pour les témoins à la moitié de la première phase de croissance, ce taux devient identique dans les cultures carencées en zinc et dans les témoins. L'influence du cadmium est assez variable : pour tous au début, la synthèse est accrue, probablement en raison du zinc et des enzymes apportées par les spores. Dès les premières heures, le cadmium ne semble plus avoir d'effet et la courbe de synthèse en fonction du temps reste parallèle à celle des thalles carencés en zinc, mais sans cadmium, puis vers le début de la deuxième phase de la croissance l'effet du cadmium se manifeste. Mais la synthèse plus rapide que pour les carencés reste inférieure à celle des témoins, prouvant que le cadmium peut remplacer partiellement le zinc mais avec un effet moindre.

2. Dans le milieu renfermant 5 μg de zinc, la synthèse de tous ces aminoacides s'arrête très rapidement. Comme nous l'avons déjà publié pour la phénylalanine, le cadmium n'a pas d'effet, excepté dans les premières heures où son action se trouve très limitée. Pour les autres aminoacides étudiés ici, le cadmium a un effet assez faible qui, sauf pour l'alanine où il se poursuit, s'arrête ou tout au moins se ralentit fortement dès la fin de la première phase de la croissance. Mais il faut remarquer que la carence en zinc produit un effet beaucoup plus important sur la diminution de synthèse de la phénylalanine, de la tyrosine et plus encore du tryptophane que sur tout ce groupe d'aminoacides.

En conclusion le zinc est indispensable dans la synthèse protéinique non seulement par le fait qu'il n'est pas remplaçable intégralement dans

la synthèse des acides nucléiques et des trois aminoacides à cycle benzénique, mais aussi en intervenant dans le taux de synthèse d'autres aminoacides où il n'est également remplaçable que partiellement par le cadmium. Seule une étude ultérieure permettra de dire si son action est directe, comme coenzyme d'enzymes de synthèses ou indirecte en intervenant dans la synthèse de ces enzymes, ce qui semble plus probable, étant donné l'abaissement considérable du taux de zinc qu'il faut réaliser pour mettre ce dernier point en évidence.

(1) D. Bertrand et A. de Wolf, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 2613.

(2) D. Bertrand et A. de Wolf, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 41, 1959, p. 545.

(3) D. Bertrand et A. de Wolf, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 2237; 250, 1960, p. 2951; 252, 1961, p. 299.

(4) G. Bizerte et R. Osteux, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1931, p. 50; A. Lévy, I. Geschwind et C. Li, *J. Biol. Chem.*, 213, 1955, p. 187.

(5) R. B. Roberts, D. A. Abelson, R. B. Cowie, E. T. Bolton et R. J. Britten, *Studies of biosynthesis* in E. Coli, *Carnegie Inst. Washington*, 607, 1955.

(6) Dans le deuxième lot, les spores étaient plus âgées et le départ de la culture a lieu plus tardivement, expliquant les différences de poids entre les témoins de même âge absolu.

(7) D. Bertrand et A. de Wolf, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1626.

(8) A la fin de la première phase de la croissance la vitesse de synthèse globale se ralentit, tandis que le mannitol s'accumule dans le thalle. Dans la deuxième phase de croissance ce mannitol est utilisé comme substance de réserve, tandis que la synthèse protéinique s'arrête progressivement. Dans une troisième phase, il y a sporulation et début de lyse du thalle. En fait, cette description est un peu schématique et ne correspond qu'au métabolisme de la majorité des cellules du thalle, car on trouve toutes ces phases mélangées pour une partie de celles-ci.

(*Laboratoire de Chimie biologique, Institut Pasteur, Paris.*)

ENTOMOLOGIE. — *Sur le système digestif et le corps adipeux des* Bathysciinæ *troglobies*. Note de Mme **Sylvie Deleurance**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

A. Larves. — *a*. On sait [1] que le cycle évolutif des larves de *Bathysciinæ* subit une contraction qui devient extrême chez les espèces les plus évoluées. Ceci nous a conduit à une étude comparative de l'appareil digestif.

1. *Espèces à développement normal* (*Bathysciola schiödtei-grandis*, *Speonomus delarouzei*). — Notons immédiatement que le tube digestif est semblable à celui qu'on rencontre habituellement chez les Coléoptères épigés.

Quand la larve s'alimente, l'intestin antérieur est bref, le ventricule très développé et l'intestin postérieur replié sur lui-même. Par rapport au mésentéron, les longueurs sont respectivement de 1/6 et 1. Les tubes de Malpighi, au nombre de quatre, sont fins.

Le stomodeum : Le pharynx et l'œsophage sont courts; le proventricule peu marqué. La structure histologique de ce dernier est uniforme : épithélium plat, intima chitineuse assez épaisse, tunique musculaire faible. On remarquera, contrairement à *Parabathyscia doderoi* décrit par Menozzi (1936), que le proventricule ne possède pas d'éléments chitineux différenciés (lamelles ou épines). La paroi interne du stomodeum présente quelques plis longitudinaux. Les lèvres de la valvule cardiaque sont petites.

Le mésentéron s'étend du prothorax au 7e segment abdominal; il occupe presque entièrement la cavité viscérale. A la différence de *Parabathyscia*, sa structure est simple; il ne possède pas de cæcum. L'examen histologique montre un épithélium cylindrique formé de cellules à bordure apicale finement striée. Nous n'avons vu ni cryptes, ni cellules régénératrices. La membrane péritrophique naît par délamination. Les lamelles concentriques, soudées dans la région antérieure, se séparent ensuite. Il n'existe pas de système de presse. Nous n'avons pas observé de phénomène de dégénérescence dans l'épithélium digestif. Sur les coupes, les intestins antérieur et moyen n'apparaissent jamais vides. La tunique musculaire reste peu développée.

Le proctodeum comprend une partie ascendante, plus étroite que le ventricule, et une partie descendante, plus grêle, qui se renfle légèrement dans sa région anale. On remarque une dilatation ampullaire sous l'insertion des tubes de Malpighi et un étranglement dans le tiers antérieur de la portion descendante. L'épithélium du proctodeum est plat, son intima chitineuse épaisse. Dans la région rectale, de nombreux replis longitudinaux rétrécissent la lumière. La branche ascendante est encom-

brée de résidus chitineux; la branche descendante est libre. La tunique musculaire est assez peu développée.

Quand la larve, cessant de s'alimenter, entre dans la période prénymphale, on observe de profondes modifications. Le ventricule diminue d'importance : son calibre se réduit des deux tiers et sa longueur de moitié; il ne s'étend pas au-delà du premier segment abdominal. Ses parois s'aplatissant, sa lumière disparaît alors complètement. On ne distingue plus de membrane péritrophique et les tuniques musculaires, surtout la circulaire, s'épaississent. La valvule cardiaque se clôt.

L'appareil digestif *n'est plus fonctionnel.*

2. *Espèces à développement contracté* (*Antrocharis querilhaci*, *Speonomus longicornis*, *Isereus colasi*). — Ici, à sa naissance, la larve possède un appareil digestif non fonctionnel, comparable à celui que nous venons de décrire.

Le ventricule est remarquable par sa petite taille : sa longueur égale le 1/7e de la longueur totale du tube digestif. Le proctodeum, grêle, présente de nombreuses sinuosités; il ne se replie pas sur lui-même mais s'étend régulièrement suivant l'axe du corps. Il égale les 5/7e du système digestif. Par suite de la réduction du ventricule, le proctodeum remonte très haut. Les quatre tubes de Malpighi entourent l'intestin postérieur.

L'étude histologique montre un œsophage étroit. Les cellules épithéliales, très vacuolisées, remplissent complètement le ventricule. On n'aperçoit ni plateau strié ni membrane péritrophique. Le raccourcissement du mésenteron fait paraître très épaisses les tuniques musculaires, surtout la circulaire. La valvule cardiaque, close, forme une sorte de bouchon chitineux. Nous n'avons pu déceler aucun aliment ou résidu, dans tout l'intestin. Signalons parfois, dans le pharynx, des éléments figurés qui seraient d'après Menozzi des Sporozoaires (ce qui, dans le cas présent, est plus qu'improbable) et des corpuscules minéraux (calcaire ?). L'intestin postérieur n'a rien de particulier.

Les tubes de Malpighi sont remarquables par la taille de leurs cellules et l'étroitesse de leur lumière.

On notera que, chez l'embryon, le tube digestif fonctionne. Sa structure est très voisine de celle des larves jeunes parcourant le cycle habituel.

L'intestin moyen, fort long et largement dilaté, égale le proctodeum; sa lumière est remplie de matières.

b. Chez la larve à cycle banal, les réserves paraissent être essentiellement de nature lipidique pendant la période alimentaire, alors que, dans la période prénymphale, elles sont surtout formées de protides (gros grains sidérophiles).

Chez la larve du cycle contracté, les cellules du corps adipeux contiennent, dès l'éclosion, des enclaves sidérophiles dont la nature protidique paraît probable. On n'y rencontre pas les « images négatives » d'inclusions lipi-

diques, si fréquentes chez les larves à développement « dilaté », durant la période alimentaire.

Cette courte étude confirme, sur le plan anatomique, les observations éthologiques concernant les cycles évolutifs. Nous pouvons donc affirmer que la fonction anabolique de la larve disparaît chez les *Bathysciinæ* évoluées.

B. IMAGO. — Nous donnerons un bref aperçu morphologique de l'appareil digestif de l'imago (*Bathysciola schidtöei-grandis*, *Isereus colasi*).

Assez simple, il ne présente pas les particularités reconnues par Menozzi chez *Parabathyscia doderoi*.

L'intestin antérieur comprend un œsophage bien développé, assez long, auquel fait suite un proventricule dilaté, aux parois armées intérieurement de longues épines dirigées vers l'arrière. Les lèvres de la valvule cardiaque portent quelques fortes épines. Le ventricule se présente comme un sac, renflé dans sa partie médiane. Il possède deux rangs longitudinaux de cæcums, plus longs et plus nombreux dans la portion distale où s'ouvrent les quatre tubes de Malpighi. Trois ou quatre rangs de cæcums ceinturent la région antérieure. L'intestin postérieur est un tube à calibre variable.

Comparé à l'appareil digestif de la larve du cycle classique, les différences essentielles portent sur la présence d'épines chitineuses dans le proventricule et de cæcum mésentériques.

(1) S. GLAÇON, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 398.

ENDOCRINOLOGIE. — *Hypophysectomie au début de la gestation et nidation de l'œuf chez la Ratte.* Note de M. **Jean-Jacques Alloiteau**, présentée par M. Robert Courrier.

Grâce à l'hypophysectomie précoce, on démontre que l'ovaire sécrète durant le 3e jour de la gestation une substance vraisemblablement œstrogénique qui permet la nidation des œufs. Cette sécrétion est la conséquence d'une décharge gonadotrope hypophysaire, de nature probablement lutéinisante, durant la nuit précédente.

Chez la Ratte, la progestérone ne permet pas l'implantation de l'œuf après castration aux 2e ou 3e jours de la gestation [1] (le jour o est celui du bouchon vaginal). L'addition d'œstradiol rend possible la nidation, mais on ne sait pas encore si celle-ci exige, physiologiquement, l'intervention d'un œstrogène. Le problème envisagé ici sera différent : y a-t-il, au début de la gestation, sécrétion d'œstrogène et selon quelles modalités ? La discrète mucification vaginale de la première moitié de la gestation en est un indice; l'aspect proestral du frottis parfois observé au 3e jour et la distension de la capsule ovarienne à cette date témoignent d'une poussée œstrogénique précoce. L'hypophysectomie précoce précise ces faits. Mayer signalait récemment [2] que le transfert au 3e jour de l'hypophyse sous la capsule rénale (qui maintient les corps jaunes fonctionnels) empêche la nidation que rend ensuite possible l'œstradiol, d'où l'hypothèse d'une carence œstrogénique; mais cette explication contredit une de nos observations : la moitié au moins des rattes privées d'hypophyse au 3e jour et recevant de la progestérone nident normalement [3].

Matériel et méthodes. — Des rattes fécondées subissent à des dates variables l'ablation de l'hypophyse, éventuellement suivie d'un transfert sous la capsule rénale. La progestérone est injectée chaque jour par voie sous-cutanée, en général à la dose de 4 mg. La chlorpromazine est injectée par voie sous-cutanée, à raison de 10 mg/kg, 30 mn en moyenne avant l'hypophysectomie.

Les nidations sont vérifiées par laparotomie au 6e jour et éventuellement au 7e jour. Si elles font défaut, on injecte une dose unique de 0,5 μg d'œstradiol (traitement révélateur : T. R.).

Résultats. — Expérience I : *Hypophysectomie au 3e jour.* — *a.* 17 femelles opérées au 3e jour reçoivent ensuite 4 mg de progestérone par jour; 10 nident spontanément, 4 nident après T. R. Nos anciens résultats sont confirmés.

b. Le transfert de l'hypophyse au 3e jour, suivi de 2 mg de progestérone chaque jour, assure les nidations chez 7 femelles sur 7.

c. Cinq rattes analogues à celles de l'expérience I *b* ne reçoivent 2 mg de progestérone que les 3e et 4e jours. Toutes nident normalement.

Les expériences I*b* et I*c* s'opposent à l'idée de carence œstrogénique et

plaident en faveur d'une carence progestéronique. On peut imaginer que le transfert de l'hypophyse limite temporairement la sécrétion de prolactine, d'où carence progestéronique à un moment où la préparatio œstrogénique est bonne. Plus tard, l'activité lutéale retrouve un niveau élevé, mais alors, c'est la préparation œstrogénique qui, trop lointaine, est devenue inefficace.

Expérience II : *Hypophysectomie simple sous chlorpromazine au 3e jour (matin).* — Dans l'expérience I*a*, parmi les rattes sûrement porteuses d'œufs, 71 % seulement nident avant T. R. Supposant que l'anesthésie (à l'éther) pourrait déclencher une décharge gonadotrope favorisant la nidation, nous avons tenté de supprimer cette éventuelle décharge en recourant à la chlorpromazine [1]. Sur 12 rattes ainsi traitées avant l'hypophysectomie au 3e jour, 9 nident en temps voulu sous progestérone. Le T. R. n'augmente pas ce chiffre. Loin de s'opposer à la nidation, la chlorpromazine la favorise plutôt, mais son action n'est pas statistiquement significative.

Expérience III : *Hypophysectomie et castration sous chlorpromazine au 3e jour (matin).* — Sur 15 rattes, 4 seulement nident spontanément. Le T. R. porte ce nombre à 12. Ainsi la castration a empêché significativement la nidation chez les deux tiers des rattes susceptibles de nider.

En l'absence de certaines des conséquences du stress supprimées par l'hypophysectomie, le rôle de l'ovaire devient évident. La sécrétion de l'ovaire au cours du 3e jour joue un rôle décisif dans la nidation. Mais cette sécrétion fait obligatoirement suite à un message gonadotrope dont il reste à préciser la date et la nature.

Expérience IV : *Hypophysectomie sous chlorpromazine au 2e jour (soir).* — Sur 8 rattes, aucune ne nide spontanément. 7 le font après T. R. Avec l'expérience II, la différence est hautement significative. On peut affirmer que l'hypophyse libère une gonadotropine dans la nuit séparant le 2e jour et le 3e jour. Au soir du 2e jour, l'hypophyse contient d'ailleurs assez de gonadotropine pour que, en présence de progestérone, le transfert de l'hypophyse dans le rein permette la nidation 3 fois sur 6.

Expérience V : *Nature de la décharge gonadotrope.* — Sept rattes hypophysectomisées le 2e jour au soir reçoivent 100 μg de FSH (NIH), soit aussitôt après l'opération, soit le lendemain matin. Aucune ne nide, mais toutes nident après T. R.

Trois rattes opérées à la même date reçoivent 10 U. I. d'hormone chorionique (Roussel) au matin du 3e jour; toutes nident.

Cinq rattes semblables reçoivent le 3e jour au matin les deux traitements associés. Toutes nident en temps voulu.

Il semblerait que la gonadotropine permettant la nidation serait de nature LH.

Commentaires. — Nos expériences indiquent que, durant le 3e jour, l'ovaire libère une hormone favorisant la nidation, selon toute probabilité

un œstrogène. Cette sécrétion ovarienne fait suite à un message gonadotrope de nature LH délivré durant la nuit précédente. Rien ne permet de dire qu'il s'agit d'une décharge brutale et éphémère; il peut s'agir d'un palier établi durant le 2e jour ou même avant. Cette sécrétion gonadotrope n'a rien à voir avec celle qui se produit durant le cycle normal, dont on peut atteindre la composante hypothalamique dans l'après-midi du 3e jour (proœstrus) et qui détermine l'ovulation (5). L'horaire rigoureux de ces phénomènes est d'autant plus remarquable qu'il est étroitement parallèle à celui de la préparation de la trompe, de l'utérus et de l'œuf, comme nous le montrerons dans une prochaine publication.

(1) R. Canivenc, M. Laffargue et G. Mayer, *C. R. Soc. Biol.*, 150, 1956, p. 2208.
(2) J.-M. Meunier et G. Mayer, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 1043.
(3) J.-J. Alloiteau, *C. R. Soc. Biol.*, 152, 1958, p. 707.
(4) C. A. Barraclough et C. H. Sawyer, *Endocrinology*, 61, 1957, p. 341.
(5) J. W. Everett, C. H. Sawyer et J. E. Markee, *Endocrinology*, 44, 1949, p. 234.

(*Laboratoire de Morphologie expérimentale et Endocrinologie, Collège de France.*)

BIOLOGIE. — *Culture d'ovaires d'Axolotl sur différents milieux* [1]. Note (*) de M. **Charles L. Foote** et Mme **Florence M. Foote**, présentée par M. Robert Courrier.

Toutes les cellules des ovaires d'Axolotls avant la maturité sexuelle se comportent bien sur un milieu à base de jus d'embryons et de gélose. Le milieu synthétique C/2 est moins favorable à moins qu'on lui ajoute de la testostérone.

Il a été démontré par Ét. Wolff, K. Haffen, M. Kieny et Em. Wolff (1953) [2] que différents organes d'embryon d'oiseaux pouvaient être cultivés avec succès *in vitro* sur des milieux synthétiques et naturels. On a essayé de déterminer si des milieux similaires pouvaient maintenir des ovaires sexuellement différenciés d'Axolotl avant la maturité sexuelle et permettre leur différenciation ultérieure.

On a prélevé des ovaires d'Axolotls de 4 à 5 mois qui avaient été maintenus préalablement dans une solution antibiotique. Les organes ont été coupés en plusieurs morceaux et explantés sur les milieux suivants :

Standard :

Extrait d'embryon de poulet dilué de 50 % dans le liquide de Tyrode...	3 parties
Liquide de Tyrode dilué 2/l dans l'eau bidistillée	3 »
Eau bidistillée	4 »
Gélose à 1 % préparée dans le liquide de Gey	5 »
Pénicilline et mycostatine.	

Synthétique : C/2 (Wolff, 1957) [3] :

	A.	B.
Solution d'acides aminés préparée dans le liquide de Tyrode......	4 parties	2 parties
Eau bidistillée	2 »	4 »
Gélose à 1 % préparée dans le liquide de Gey	9 »	9 »
Pénicilline et mycostatine.		

Synthétique : C/2A avec hormones sexuelles :

25 µg de propionate de testostérone en solution huileuse

ou

25 µg de benzoate d'œstradiol en solution huileuse.

Les explants ont été maintenus en culture au maximum 21 jours. Le tableau I montre le nombre des explants et la durée de la culture.

Les ovaires des animaux témoins ont quelques ovogonies et de nombreux ovocytes de dimensions variées, sans plaquettes vitellines dans leur cytoplasme. L'ovaire est compact, et contient un sac ovarien bien développé.

Les explants qui ont été cultivés pendant 21 jours sur le milieu standard diffèrent des témoins surtout par le fait qu'ils sont moins compacts, avec une certaine prolifération des cellules du stroma (*fig.* 1 et 2).

Le milieu synthétique C/2 A ne maintient pas aussi bien les cellules germinales tandis que les cellules somatiques semblent être dans une bonne

condition (*fig.* 3). Beaucoup de gros ovocytes sont en dégénérescence, même après seulement 10 jours de culture. La chromatine est très visible dans les ovocytes sur ce milieu. Le milieu synthétique dilué C/2 B est moins adéquat que le milieu plus concentré.

TABLEAU I.

Nombre d'explants, milieux utilisés, et durée de culture.

Milieu.	Durée de la culture (jours). 10-12.	14-15.	18-22.
Standard	–	6	51
Synthétique C/2A	14	4	44
» C/2B	6	–	18
» C/2A testostérone	8		8
» C/2A œstradiol	8	–	–

L'addition de testostérone au milieu synthétique permet le maintien même des ovocytes avec moins de dégénérescence que sur C/2 seul (*fig.* 4). La gonade garde sa forme compacte caractéristique.

Les explants d'ovaire sur le milieu synthétique additionné de testostérone pendant 10 jours sont maintenus dans une condition identique à celle des témoins. L'œstradiol à la concentration utilisée n'a pas autant d'effet que l'androgène sur le comportement des cellules de l'ovaire. L'état des explants cultivés pendant 10 jours sur un milieu contenant de l'œstradiol est le même que celui des explants qui ont été gardés pendant 21 jours sur un milieu contenant de la testostérone.

L'addition d'androgènes ou d'œstrogènes au milieu de culture synthétique permet un bon maintien des ovocytes. Après culture *in vitro* d'ovaires d'Anoures, on a obtenu les mêmes résultats, comme cela a été décrit pour *Rana catesbeiana* (Foote et Foote, 1959) (4).

(*) Séance du 26 juin 1961.

(1) Ce travail a été réalisé au Laboratoire d'Embryologie expérimentale du Collège de France l'un des auteurs étant Special Research Fellow of the United States Public Health Service.

(2) ET. WOLFF, K. HAFFEN, M. KIENY et EM. WOLFF, *J. Embryol. exp. Morph.*, 1, 1953, p. 55-84.

(3) EM. WOLFF, *Bull. Biol.*, 91, 1957, p. 271-283.

(4) C. L. FOOTE et F. M. FOOTE, *Arch. micr. Morph. exp.*, 48 *bis*, 1959, p. 71-82.

(*Department of Zoology,
Southern Illinois University, Carbondale, Illinois, U. S. A.* et
*Laboratoire d'Embryologie expérimentale
du Collège de France et du C. N. R. S.*)

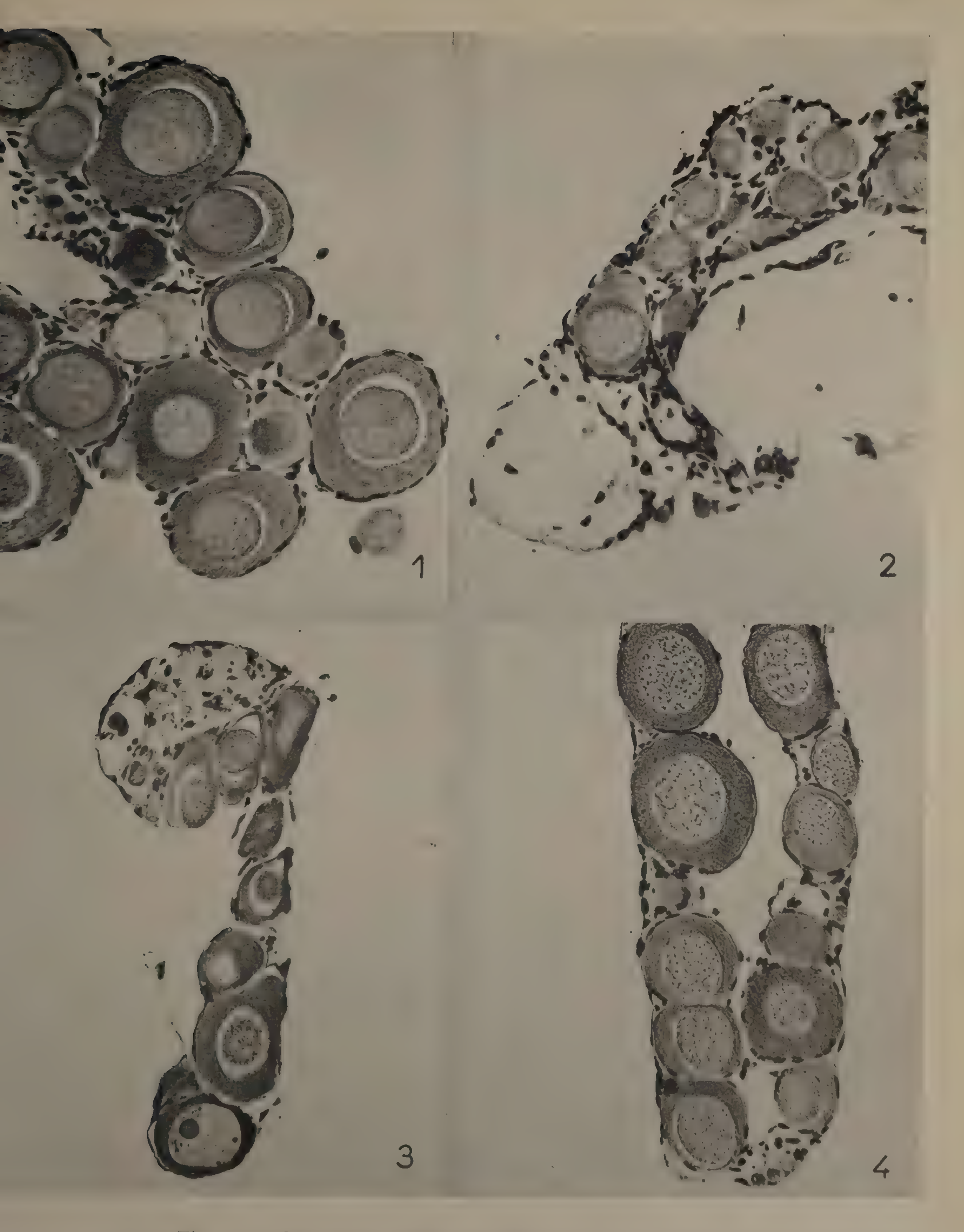


Fig. 1. — Coupe d'un ovaire d'Axolotl témoin. (G × 120.)
Fig. 2. — Coupe d'un ovaire d'Axolotl explanté sur un milieu à base de jus d'embryons et de gélose pendant 21 jours. (G × 120.)
Fig. 3. — Coupe d'un ovaire d'Axolotl explanté sur le milieu C/2 A et gélose pendant 21 jours. (G × 120.)
Fig. 4. — Coupe d'un ovaire d'Axolotl cultivé pendant 21 jours sur le milieu C/2 A et gélose additionné de testostérone. (G × 120.)

BIOLOGIE. — *Corrélations entre les ptérines et le photopériodisme dans la régulation du cycle sexuel chez les Pucerons.* Note de Mlle **Colette L'Hélias**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Le cycle des Pucerons les plus primitifs dépend des facteurs externes [Marcovitch, 1924 (1); Wilson, 1938 (2); Bonnemaison, 1951 (3)], à l'encontre des plus évolués, tels le Phylloxéra, qui s'affranchissent de cette contingence et donnent un cycle régulier à plusieurs générations par an.

Les facteurs externes, notamment la longueur du jour et la température joueraient sur l'apparition des formes sexuées et sur la disparition de la viviparité, toujours liée à la parthénogenèse diploïde femelle. L'évolution du cycle sexuel suit la photopériode.

Ces facteurs doivent avoir besoin d'intermédiaires labiles pour agir sur le métabolisme.

On peut se demander si le rôle de « photorécepteur » n'est pas dévolu aux ptérines. On sait, en effet, que leur présence a pu être décelée dans le complexe endocrine rétrocérébral qui contrôle le métabolisme par ses éléments antagonistes [L'Hélias, 1955-1957 (4), (5), (6)] et qu'elles sont capables d'accélérer le processus endocrine de la métamorphose aussi bien que de désorganiser le métabolisme dans certaines conditions de diapause au point de provoquer l'apparition de tumeurs (L'Hélias, 1957). Si elles interviennent, les chances sont grandes de trouver une corrélation entre leurs variations et le cycle sexuel de ces animaux.

Les Pucerons choisis pour cette étude sont *Sappaphis plantaginæ* et *Brevicoryne brassicæ*. Le premier vit alternativement sur le plantain et le pommier, le deuxième, uniquement sur le chou.

a. Sappaphis plantaginea. — L'étude de l'espèce dioécique montre des variations importantes de ces pigments. La comparaison avec l'espèce monoécique mettra en évidence l'apport nutritiel du deuxième hôte.

Pendant l'été, soumis à une photopériode de 16 h, à 20°, les Pucerons aptères femelles vivipares, sur plantain ne présentent que des traces presque invisibles d'isoxanthoptérine (gr. n° 1).

Les Pucerons soumis à un éclairement continu et maintenus sur plantain restent parthénogénétiques vivipares et sont aussi pauvres en ptérines que les animaux exposés à une photopériode longue.

Ceux qui subissent un cycle dioécique, toujours en éclairement continu montrent déjà un enrichissement en ptérines par rapport à ceux maintenus sur plantain. Il n'y a pas d'isoxanthoptérine dans le corps, mais on en trouve une quantité assez importante dans la tête des adultes aptères. La phase ailée migratrice n'en présente plus, mais on en retrouve dans les adultes aptères ovipares qui se nourrissent sur le pommier. La nourriture normale sur deux hôtes a permis malgré l'éclairement continu, le dérou-

lement du cycle normal pour les femelles parthénogénétiques sur le plantain (non ailées et ailées), ovipares non ailées sur le pommier, mais les mâles n'apparaissent pas, malgré l'alternance normale de nourriture; le photopériodisme est obligatoire pour eux.

Par contre, les animaux qui subissent l'éclairement saisonnier, à peu près dépourvus de ptérines en photopériode longue et qui sont devenus migrateurs ailés, nourris sur plantain en photopériode intermédiaire de 14 h, possèdent de la leucoptérine à fluorescence bleu vert, plus abondante dans la tête que dans le corps, et de l'isoxanthoptérine en quantités égales des deux côtés, ce qui semble montrer que les embryons ou les cellules qui les nourrissent en contiennent beaucoup. La différence en isoxanthoptérine par rapport aux animaux élevés en éclairement continu pourrait provenir des embryons mâles.

La photopériode courte d'automne correspond à la différenciation des formes sexuées, les embryons pondus par les migrateurs ailés présentent le polymorphisme, femelles aptères ovipares et mâles ailés. Les différences relevées dans les chromatogrammes sont d'une évidence flagrante. L'isoxanthoptérine monte en flèche du premier au troisième stade larvaire, surtout dans la tête. Cette isoxanthoptérine est accompagnée d'une autre ptérine à fluorescence bleue violette qui correspond par sa couleur et son R_f à la bioptérine.

En éclairement continu, on trouve aussi dans le corps des embryons fraîchement pondus de fortes quantités de xanthoptérine qui décroissent pendant le développement larvaire.

Les *Sappaphis* sont donc capables de donner des femelles ovipares lorsqu'ils ne sont pas soumis à une alternance lumière-obscurité et aussi d'accumuler ou de faire la synthèse de petites quantités de ptérines. Toutefois, une photopériode courte est absolument nécessaire à la formation de ptérines abondantes et à la différenciation des mâles. L'apparition des ptérines paraît obligatoire pour la division réductionnelle chez la femelle puisqu'en éclairement continu sur plantain, il n'y a pas de ptérines et que la descendance des femelles reste diploïde alors que nourries sur les deux hôtes, les femelles 4 AXX deviennent ovipares et donnent des œufs 2 AX haploïdes. La photopériode courte est absolument nécessaire pour synthétiser de fortes quantités de ptérines bleues et violettes qui sont aussi rigoureusement nécessaires pour la différenciation des mâles, autrement dit pour permettre des échanges métaboliques qui conditionnent la perte d'un chromosome, la formule mâle étant 4 AXO et celles des spermatozoïdes 2 AX ou 2 A. Les ptérines paraissent bien liées au cycle sexuel de ces Pucerons. Leur apparition et leur transformation en leucoptérine ou en isoxanthoptérine et en acide ptéridine carboxylique, conditionnées surtout par le photopériodisme permettent de supposer qu'elles sont les intermédiaires photorécepteurs entre l'environnement et le métabolisme permettant la synthèse de facteurs endocrines correspondants. La présence

du deuxième hôte permet une synthèse partielle de pigments, suffisante pour la femelle puisque l'équilibre hormonal se rétablit et qu'elle pond des œufs. Mais que se passe-t-il lorsqu'il n'y a pas de variations de nourriture? *Brevicoryne brassicæ* qui vit sur le chou permet de résoudre le problème. Les expériences à différentes photopériodes sont faites en même temps, ce qui exclut de trop grandes variations dans la composition des feuilles de chou.

b. Brevicoryne brassicæ. — Chez cette espèce, on peut mettre en évidence quatre ptérines, la leucoptérine, l'acide xanthoptérine carboxylique, l'isoxanthoptérine et la bioptérine.

Les ptérines diminuent ou disparaissent en éclairement continu, certaines formes étant incapables d'apparaître comme l'acide xanthoptérine carboxylique. Au contraire, en passant d'une photopériode longue à une photopériode courte, la synthèse suit une courbe ascendante et décuple chez les sexuées. Comme on vient de le voir, le phénomène est beaucoup plus accentué chez le Puceron monoécique *Brevicoryne* que chez le Puceron dioécique *Sappaphis*. Ce dernier trouve une compensation partielle dans son deuxième hôte nourricier qui se traduit du reste par un phénomène biologiquement visible puisque la forme sexuée femelle est capable d'apparaître en éclairement continu, si l'animal est nourri sur pommier, contrairement à *Brevicoryne* qui ne peut se nourrir sur un hôte complémentaire.

(1) S. MARCOVITCH, *J. Agr. Res.*, 27, 1929, p. 513-522; T. H. MORGAN, *Proc. Soc. Exp. Biol.*, New York, 7, 1910, p. 161-162; H. SCHWARTZ, *E. Zellforsc.*, 15, 1932, p. 645-687.
(2) F. WILSON, *Trans. R. Ent. Soc. Lond.*, 87, 1938, p. 165-180.
(3) L. BONNEMAISON, *Ann. Epiphyt.*, 2, 1951, p. 380; A. HUHN, *Naturwiss.*, 42, 1955, p. 529-530; C. A. LAWSON, *Biol. Bull.*, Woods Hole, 70, 1936, p. 288-307; A. D. LEES, *J. Ins. Physiol.*, 3, 1959, p. 92-117 et 4, 1960, p. 154-175.
(4) C. L'HÉLIAS, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1141.
(5) C. L'HÉLIAS, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 770.
(6) C. L'HÉLIAS, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1678.

(*C. N. R. S., Laboratoire de Génétique évolutive, Gif-sur-Yvette, Seine-et-Oise.*)

BIOLOGIE. — *Recherches sur la biologie des animaux myrmécophiles* [1] : *Observations sur le régime alimentaire de* Paussus favieri *Fairm., hôte de la Fourmi* Pheidole pallidula *Nyl.* Note de M. **Georges Le Masne**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Tolérés par leurs hôtes, les Fourmis *Pheidole pallidula*, léchés par elles, les *Paussus favieri* adultes se comportent en prédateurs dans la fourmilière qui les héberge : ils dévorent des larves de *Pheidole*, et l'abdomen d'ouvrières vivantes, qu'ils perforent de leurs mandibules, et maintiennent avec leurs palpes maxillaires. Les Fourmis attaquées, non plus que celles qui se trouvent à proximité, ne manifestent dans ces occasions aucun comportement agressif à l'égard du Coléoptère.

Si les particularités morphologiques très remarquables des *Paussidæ* ont fait l'objet de travaux nombreux, les mœurs de ces Coléoptères sont, par contre, encore fort mal connues. Sans doute sait-on que la plupart vivent dans les fourmilières, mais nous ne disposons d'observations faites sur le vivant que pour une infime partie des 460 espèces que compte la famille. L'étude détaillée du comportement des Paussides et des relations qu'ils entretiennent avec leurs hôtes reste à faire.

A plusieurs reprises, j'ai pu entretenir en nid artificiel des *Paussus favieri* [2] adultes, recueillis dans les nids de la Fourmi *Pheidole pallidula*, dans la zone côtière du département des Pyrénées-Orientales ou de la Catalogne espagnole, et étudier de manière suivie divers aspects de leur comportement. Je rapporterai ici les observations qui ont trait au *régime alimentaire* de *Paussus favieri* et à son *activité de prédateur*.

1° Les *Paussus favieri* ne consomment ni les aliments apportés dans le nid par les Fourmis, ni les déchets de toutes sortes que celui-ci contient. Ils ne pratiquent pas, non plus, d'échange de bouche à bouche avec leurs hôtes; ils ne lèchent pas davantage la surface du corps des Fourmis ou de leurs larves.

2° Les *Paussus favieri* trouvent l'une des sources de leur alimentation dans la *consommation des larves de la Fourmi-hôte*. Peringuey [3] et Escherich [4] avaient déjà mis ce fait en évidence pour d'autres espèces de *Paussus*. Je l'ai observé également chez *P. favieri*, avec quelques détails supplémentaires. Le Coléoptère saisit la larve de *Pheidole* à l'aide de ses palpes maxillaires, longs et incurvés; ses mandibules, aiguës, déchirent le tégument de la larve et s'implantent profondément dans son corps; le *Paussus* en absorbe alors les humeurs (et sans doute aussi une partie des tissus); quelques minutes après, il abandonne la larve, à demi vidée.

J'ai pu amener des *Paussus favieri* à consommer des larves de Fourmis appartenant à un genre différent (*Leptothorax*). Tentant la même expérience, mais avec des larves d'un groupe plus éloigné (*Lasius*), Escherich [5] avait échoué.

Contrairement à certaines indications de Peringuey, je n'ai jamais vu les ouvrières de *Pheidole*, qui passent ou stationnent tout près du *Paussus*

en train de dévorer une larve, intervenir au cours de ce repas, sinon, parfois, pour lécher l'antenne du Coléoptère.

La consommation des larves par les *P. favieri* semble moins fréquente que dans le cas des *Paussus* étudiés par Peringuey. Elle se manifeste moins souvent que l'attaque des ouvrières, que je vais décrire.

3° Les *Paussus favieri* montrent un autre mode d'alimentation, qui n'a jamais été signalé encore. Ils *sucent une partie du contenu de l'abdomen des ouvrières de la Fourmi-hôte*, par une déchirure pratiquée à l'aide des mandibules dans l'une des membranes intersegmentaires.

Durant ce repas, la Fourmi reste vivante, maintenue par les palpes du Coléoptère, qui enserrent son gastre, d'ailleurs de manière assez lâche, semble-t-il. Elle conserve une attitude tout à fait normale et ne manifeste aucune réaction de fuite. Libérée au bout de quelques minutes (et destinée à mourir quelques jours plus tard), la Fourmi ne s'écarte pas, et peut rester longtemps au voisinage du *Paussus*.

Avant d'attaquer une ouvrière, le *Paussus* tâte, et souvent tente de saisir, à l'aide de ses palpes maxillaires, non seulement le gastre d'ouvrières de *Pheidole*, mais aussi d'autres objets de forme et de taille voisines (gastre de soldats, têtes d'ouvrières, etc.). Au contact des palpes du *Paussus*, les Fourmis réagissent rarement par la fuite. Beaucoup plus souvent, l'ouvrière replie ses pattes et les rapproche de son corps, en une attitude qui évoque l'immobilisation-réflexe. La réaction, en tout cas, n'est jamais agressive.

Quant aux Fourmis voisines de celle qui est palpée ou attaquée par le Coléoptère, elles ne manifestent pas davantage de comportement agressif ([6]). Il n'est pas rare que plusieurs ouvrières lèchent le *Paussus* en divers points de son corps, de manière prolongée, pendant qu'il suce l'abdomen d'une de leurs congénères. Des faits analogues peuvent s'observer lorsqu'un *Paussus* consomme une larve (*voir* plus haut), ainsi qu'en diverses autres circonstances (accouplement des *Paussus*, etc.).

Ainsi les *Paussus favieri* adultes, tout en étant aisément tolérés par les *Pheidole pallidula*, et assez souvent léchés par elles, *se comportent comme des prédateurs* dans le nid de leurs hôtes, à l'égard des larves de fourmis et plus souvent encore à l'égard des ouvrières. Les *Pheidole* ne manifestent, à l'occasion de ces attaques, aucun comportement agressif, bien au contraire.

Il conviendrait, mais j'y reviendrai ailleurs, de rechercher la place que ces faits peuvent trouver dans l'ensemble de nos connaissances sur les relations entre Fourmis et animaux myrmécophiles.

([1]) *Ibid.*, I : *Cf.* Le Masne, *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 46, 1941, p. 110-111.
([2]) *P. favieri* fait partie du groupe (genre, ou sous-genre, selon les auteurs) des *Edaphopaussus* Kolbe (1920).
([3]) *Proc. Ent. Soc. London*, 1886, p. 34-37; *Trans. South Afric. Phil. Soc.*, 10, 1897, p. 3-42.
([4]) *Z. wiss. Insekten-Biol.*, 2e série, 3, 1907, p. 1-8.
([5]) *Zool. Jahrb., Abt. Syst.*, 12, 1898, p. 27-70.
([6]) Il convient de préciser qu'en d'autres circonstances les *Pheidole* sont parfaitement capables d'attaquer les *Paussus favieri*, de les tuer et de les démembrer.

BIOLOGIE. — *Contribution à l'étude du contrôle des changements de coloration chez* Ligia oceanica *L.* Note (*) de MM. **Jean-Jacques Legrand** et **Gabriel Johnson**, transmise par M. Albert Vandel.

L'ensemble du système nerveux de *Ligia oceanica* secrète une hormone contractant les mélanophores. Seule la chaîne nerveuse ventrale élabore une hormone capable de contracter les xanthophores.

De nombreux auteurs ont étudié l'effet de l'injection d'extraits de différentes parties du système nerveux de *Ligia* et d'*Idotea* sur les mélanophores de ces deux types de Crustacés Isopodes. La plupart d'entre eux, après Kleinholz [1], ont observé que l'injection d'extraits de têtes contracte les mélanophores. Enami [2] note que ces extraits injectés à des animaux clairs provoque un léger étalement des mélanophores. Nagano [3] constate un effet plus puissant des extraits préparés de nuit. Amar [4] observe un effet contractant de l'injection ou de l'implantation de ganglions cérébroïdes et de chaîne nerveuse abdominale, mais note l'absence d'action d'extraits ou d'implantats d'organe X de *Sphæroma serratum* et de glande du sinus d'*Idotea* sur les mélanophores d'*Idotea baltica*. Les extraits de glande du sinus provoquent cependant un étalement moyen des chromatophores chez les animaux clairs, comparable, d'après l'auteur, à l'effet de l'injection-contrôle d'eau de mer. Fingerman [5] observe chez *Ligia* (?) *exotica* une dilatation des mélanophores sous l'effet de l'injection d'extraits de glande du sinus, de chaîne nerveuse thoracique, des ganglions optiques, du cerveau et des connectifs périœsophagiens.

Nous avons montré dans une Note précédente [6] que *Ligia oceanica* L. présente deux types de chromatophores : des mélanophores et des xanthophores. L'étude du contrôle des mouvements pigmentaires des xanthophores, très abondants sur les segments thoraciques 2, 5, 6 et 7, sur les 4e et 5e segments du pléon et sur le telson a été négligée par les auteurs précédents.

La présente Note étudie l'action d'extraits de différentes parties du système nerveux de *Ligia oceanica* sur les deux types de chromatophores d'individus de la même espèce.

Des extraits de têtes de *Ligia* dans une solution saline isotonique de l'hémolymphe ont été constitués à différentes concentrations : 1, 2, 3 et 20 têtes par centimètre cube de solution. L'extrait d'une seule tête est déjà actif mais ne provoque qu'une contraction moyenne des mélanophores (indice 3 de l'échelle de Hogben et Slome 1931). L'extrait de trois têtes provoque une contraction presque maximale (indice 1-2), mais cependant moins rapide (9 mn) que ceux de 20 têtes (3 mn). Le retour

à l'état initial est amorcé 20 mn après l'injection et est complet au bout de 1 h. Les extraits effectués à partir d'individus clairs sont plus actifs que ceux provenant de donneurs à mélanophores étalés. Enfin les extraits préparés de nuit sont plus actifs que ceux de jour.

L'action sur les xanthophores étalés est nulle, quelle que soit la concentration de l'extrait injecté. L'injection de ces extraits à des individus à chromatophores contractés provoque une dilatation légère (indice 3), tardive (30 mn à 1 h) et durable des deux types de chromatophores, comparable à l'effet de l'injection-contrôle de solution saline. Les extraits de protocérébron amputé des pédoncules optiques, ceux de pédoncules optiques (avec l'organe X et la glande du sinus), ceux du cerveau postérieur (deuto et tritocérébron) et des connectifs périœsophagiens ont le même effet que les extraits de têtes.

Les extraits préparés à partir de la chaîne nerveuse thoracique ou abdominale ou de l'ensemble de la chaîne nerveuse ventrale, sont actifs dès la concentration d'une chaîne par centimètre cube. Ces extraits contractent à la fois les mélanophores et les xanthophores. La contraction de ces derniers débute aussi rapidement que celle des mélanophores, mais est plus progressive et plus durable : les mélanophores sont déjà revenus à l'étalement initial alors que les xanthophores offrent leur maximum de contraction, 1 h après l'injection.

Les extraits de chaîne nerveuse ont le même effet que les extraits de têtes et les injections-contrôle de solution-saline sur les individus à chromatophores contractés : on observe le même étalement léger et durable des pigments.

Il apparaît que l'ensemble du système nerveux de *Ligia oceanica* sécrète une hormone contractant les mélanophores, mais que seule la chaîne nerveuse ventrale élabore une substance capable de contracter les xanthophores. L'observation de coupes histologiques de l'ensemble du système nerveux, colorées à la fuchsine-paraldéhyde de Gabe ou à l'azan, nous ont révélé l'existence de cellules neurosécrétrices disséminées, non seulement dans les centres neurosécréteurs connus du cerveau, mais également dans les ganglions nerveux de la chaîne ventrale, où Amar ([1]) n'avait pu les mettre en évidence chez *Idotea baltica tricuspidata*.

Il ne semble pas exister d'hormone étalant le pigment des chromatophores : l'effet des injections d'extraits sur les animaux clairs peut être interprété comme le résultat d'une dilution des contractines. Il est à remarquer que la contraction des mélanophores provoquée par l'injection d'extraits de têtes ou de chaînes nerveuses ventrales est comparable du point de vue de sa rapidité à celle qu'on observe lorsqu'on fait passer un individu du fond noir ou de l'obscurité totale au fond blanc éclairé. Nous avons observé en effet dans ce cas que l'indice de concentration du pigment passe de 5 à 2 en 6 à 9 mn, l'état de contraction totale étant atteint en 20 mn.

Il paraît donc légitime de penser que l'adaptation chromatique lors du passage du fond noir au fond blanc s'effectue par libération d'une hormone analogue à celle que contiennent les extraits injectés, c'est-à-dire une mélanophoro-contractine. Cette dernière doit être distincte de la xanthophoro-contractine.

(*) Séance du 11 septembre 1961.

(1) *Biol. Bull.* 72, 1937, p. 24-36.

(2) *Japan J. Zool.* 9, 1941, p. 515-531.

(3) *Sc. Rep. Tohoku Univ.* 4th Sec (Biol), 18, 1949, p. 167-175.

(4) *Thèse*, Paris, 1950.

(5) *Tulane Stud. Zool.* 3, 1956, p. 139-148.

(6) *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 1224.

(7) *Proc. Roy. Soc. London*, B, 125, 1938, p. 250-263.

HISTOCHIMIE. — *Contribution à la connaissance de la glande pinéale de* Bos taurus *L., d'*Ovis aries *L. et de* Sus scrofa *L.* Note de Mlle **Lucie Arvy**, présentée par M. Maurice Fontaine.

Pauvres en lipides soudanophiles et osmiophiles, dépourvus de substances métachromatiques et d'acétylcholinestérase, les pinéalocytes sont extrêmement riches en succinodéshydrogénase et en leucyl-β-naphtylamidase; ils ont une forte activité phosphomonoestérasique acide et une faible activité tryptaminoxydasique. Les vaisseaux pinéaux hydrolysent le glycérophosphate et l'adénosine triphosphate.

Si des recherches de tous ordres ont contribué à la connaissance de la pinéale chez les Oiseaux, le Lapin, le Chat et surtout le Rat, la glande pinéale des gros Mammifères n'a guère été utilisée que pour la préparation d'extraits, avec des vues thérapeutiques. Il semble que seul *Ovis aries* ait été le sujet d'expériences : la pinéalectomie provoquerait une sexualité précoce, s'opposerait à la croissance des cornes et augmenterait la production de la laine ([1]).

L'histogenèse ([2]) et la morphologie des glandes pinéales d'*Ovis aries*, de *Bos taurus* et de *Sus scrofa* a été examinée à diverses reprises, à l'aide de techniques variées de ([3]) à ([6]) mais nous ne savons rien des activités enzymatiques de ces glandes. Cependant quelques recherches ([7]), ([8]), ([9]), effectuées sur coupes à la paraffine, après fixation par l'alcool ou par l'acétone, ont montré que la glande pinéale de quelques Mammifères contient des phosphatases; des recherches récentes ont décelé une forte activité succinodéshydrogénasique chez *Rattus* ([9]), ([10]), ([11]), *Felis catus* et onze espèces de Rongeurs (*Sciuridæ*, *Heteromyidæ* et *Cricetidæ*); il existe une activité phosphorylasique dans la glande pinéale du Rat ([12]) et la glande de ce même Rongeur hydrolyse faiblement l'acétate de β-naphtyle et les « tweens » 40 et 60 ([9]).

La découverte récente de l'élaboration par la glande pinéale d'amines biogènes ([13]), de mélatonine ([14]), d'adrénoglomérulotropine et d'un facteur inhibiteur de la stéroidogénèse surrénalienne ([15]) est venue accroître l'intérêt de cette glande.

J'ai recherché quelques activités enzymatiques histochimiquement décelables, sur coupes à la congélation, à l'aide de courtes incubations, dans les bains classiques, soit sur glande fraîche, soit sur glande fixée pendant peu de temps par le formol à 10 % neutre et froid.

La recherche des activités estérasiques carboxyliques ne permet de déceler qu'une faible activité acétylnaphtolestérasique et butyrylcholinestérasique; l'absence d'acétylcholinestérase histochimiquement décelable, sauf au niveau de filets nerveux inféodés aux vaisseaux de la moitié postéro-ventrale de la glande pinéale constraste avec la forte activité acétylcholinestérasique des noyaux habénulaires et permet de se convaincre que la

glande pinéale diffère radicalement du tissu nerveux; à cet égard les colorations par le bleu de toluidine, par les rouges Soudan et le tétroxyde d'osmium, montrent que la glande tranche sur les autres formations du toit diencéphalique par son orthochromasie et sa relative pauvreté en lipides.

Les glandes pinéales d'*Ovis*, de *Bos* et de *Sus* que nous avons examinées n'oxydent que faiblement la tryptamine et pas du tout la tyramine et l'histamine. Elles ont, par contre, une très forte activité succinodéshydrogénasique et leur activité leucyl-β-naphtylamidasique est considérable, beaucoup plus forte que celle de toute une série d'autres tissus; seule la



Aspect de la glande pinéale du bélier
après mise en évidence de l'activité phosphomonoestérasique alcaline.
(Méthode au glycérophosphate de sodium, incubation 20 mn.)

glande parathyroïde de ces animaux a une activité leucyl-β-naphtylamidasique aussi forte; cette activité est d'autant plus remarquable que les formations nerveuses pré-pinéales en sont dépourvues.

La recherche d'une activité phosphomonoestérasique en milieu alcalin, fait apparaître une très forte activité, électivement localisée sur un réseau capillaire profus, qui enserre des îlots de pinéalocytes (*fig.*) L'adénosine triphosphate est hydrolysé au niveau d'un réseau vasculaire moins dense, de type artériolaire. En milieu acide, les pinéalocytes hydrolysent fortement

le glycérophosphate de sodium, alors que les formations diencéphaliques voisines n'ont pas ce pouvoir.

Remarques. — L'extrême densité du réseau vasculaire pourvu d'activité phosphomonoestérasique alcaline et d'adénosine triphosphatase permet de comprendre le rapide « turnover » des phosphates au niveau de la glande pinéale ([16]) ,([17]), ([18]).

Conclusion. — La densité du réseau vasculaire pinéal, la richesse des pinéalocytes en leucyl-β-naphtylamidase, en succinodéshydrogénase et en phosphomonoestérase acide caractérisent la glande pinéale; sa pauvreté en lipides, l'absence de métachromasie, mis à part les rares fibres nerveuses venues des commissures habénulaire et postérieure, l'absence d'acétylcholinestérase, montrent que la glande pinéale est une formation singulière non apparentée au système nerveux.

([1]) R. DEMEL, *Beitr. klin. Chir.*, 147, 1929, p. 66-70.
([2]) H. E. JORDAN, *Amer. J. Anat.*, 12, 1911, p. 249-275 et *Anat. Rec.*, 22, 1921, p. 275-285.
([3]) G. CUTORE, *Arch. ital. Anat.*, 9, 1911, p. 402-464 et 599-659.
([4]) R. AMPRINO, *Arch. ital. Anat. Embriol.*, 34, 1935, p. 446-485.
([5]) G. GODINA, *Arch. ital. Anat. Embriol.*, 40, 1938, p. 459-490.
([6]) B. MAZZUCHELLI, *Monit. zool. ital.*, 58, 1950, p. 1-6 et *Riv. pat. nerv.*, 71, 1950, p. 185-189.
([7]) G. B. WISLOCKI et E. W. DEMPSEY, *Endoc.*, 42, 1948, p. 56-72.
([8]) S. MIKAMI, *Tohoku J. agr. Res.*, 2, 1951, p. 41-48.
([9]) E. H. LEDUC et G. B. WISLOCKI, *J. comp. Neurol.* p., 97, 1952, 241-279.
([10]) N. SHIMIZU et N. MORIKAWA, *J. Histochem. Cytochem.*, 5, 1957, p. 334-345.
([11]) W. B. QUAY, *Amer. J. Physiol.*, 196, 1959, p. 951-955 et *Physiol. Zool.*, 33, 1960, p. 206-212.
([12]) N. SHIMIZU et M. OKADA, *J. Histochem. Cytochem.*, 5, 1957, p. 459-471.
([13]) N. J. GIARMAN et M. DAY, *Biochem. Pharm.*, 1, 1958, p. 235.
([14]) A. B. LERNER, J. D. CASE, Y. TAKAHASHI, T. H. LEE et W. MORI, *J. Amer. Chem. Soc.*, 80, 1958, p. 2587 et A. PELLEGRINO DE IRALDI et E. DE ROBERTIS, *Experientia*, 17, 1961, p. 122.
([15]) G. FARRELL, *Fed. Proc.*, 19, 1960, p. 601-604.
([16]) U. BORELL et A. ORSTRÖM, *Acta physiol. scand.*, 10, 1945, p. 231 et *Biochem. J.*, 41, 1947, p. 398-403.
([17]) M. REISS, F. E. BADRICK et J. M. HALKERSTON, *Biochem. J.*, 44, 1949, p. 257.
([18]) G. F. BREWER et W. B. QUAY, *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 98, 1958, p. 361-364.

(*Laboratoire de Physiologie du C. N. R. Z., Jouy-en-Josas, Seine-et-Oise.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Inhibition de l'activité du tissu conjonctif consécutivement à la modification du mode de la glycolyse.* Note (*) de M. **Jean Loiseleur**, Mlle **Liliane Catinot** et Mme **Annick de Vomecourt**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Pour diminuer l'activité du tissu conjonctif, le sérum antihyaluronidase peut être remplacé par une association d'antithyroïdiens et d'activateurs artificiels de la glycolyse, ce qui bloque la diffusion intradermique du bleu trypan et, en même temps, le métabolisme. L'accumulation consécutive des molécules dans la cellule entraîne l'augmentation de l'hydratation et l'expulsion des sels minéraux.

Il a été montré que l'activité du tissu conjonctif peut être inhibée par le sérum antihyaluronidase ([1]), qui, bloquant l'enzyme responsable de la dépolymérisation des mucopolysaccharides, augmente la viscosité et ralentit l'activité des échanges. Une diminution aussi importante du métabolisme conjonctif peut être obtenue par un procédé tout différent : il consiste à substituer, à la thyroxine, des activateurs artificiels de la glycolyse, ce qui paralyse à la fois la diffusion des colorants et l'activité du métabolisme.

1. En considérant d'abord la diffusion intradermique des colorants, il est remarquable que l'association de certaines substances en un mélange bien défini peut exercer une inhibition presque totale de cette diffusion.

Dans nos expériences, un lot de rats albinos subit d'abord l'injection sous-cutanée de la substance expérimentée et, après un repos de 30 à 40 mn, l'injection intradermique de 0,1 ml de bleu trypan en solution à 1 %. La diffusion du colorant est d'une grande régularité chez les témoins : l'aire colorée augmente au cours des premières heures et se stabilise en restant perceptible pendant plusieurs jours.

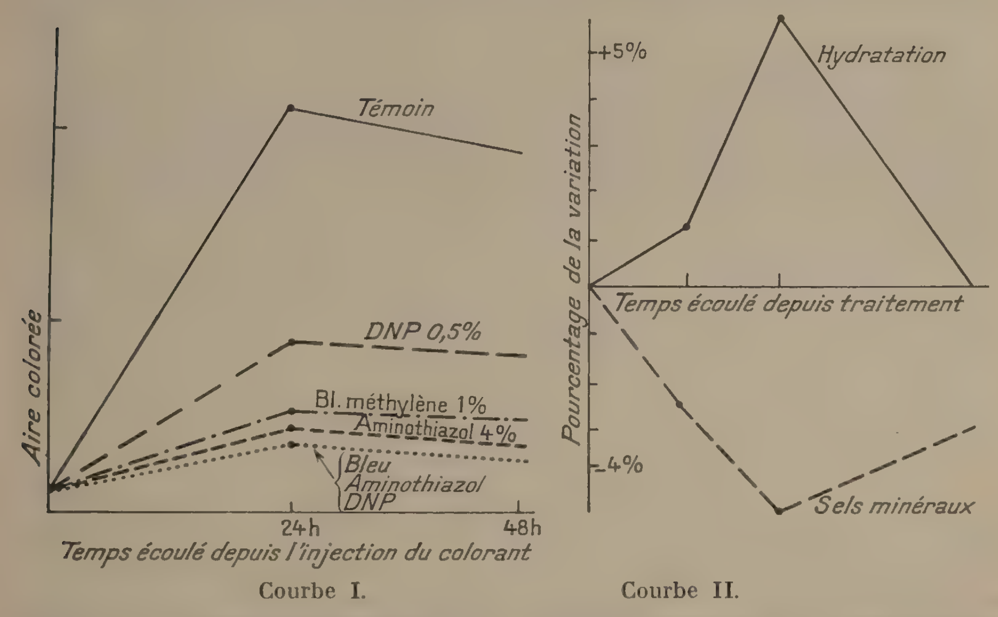
Les substances expérimentées se divisent en deux groupes; d'une part, les antithyroïdiens (l'aminothiazol, le thiouracile et la thiourée) et, d'autre part, les activateurs artificiels de la glycolyse, tels que le bleu de méthylène qui augmente de 20 fois la glycolyse *in vitro* de l'érythrocyte (Warburg) et le dinitrophénol qui active la glycolyse avec hyperthermie (Mayer et Plantefol).

Le mélange de thiouracile et de thiourée et surtout l'aminothiazol seul entraînent le ralentissement de la diffusion. Le bleu de méthylène est d'une efficacité comparable; l'action du dinitrophénol est moins marquée. Mais le mélange de ces deux groupes de substances (l'aminothiazol, le bleu de méthylène et le dinitrophénol) entraîne une inhibition presque totale de la diffusion (courbe I).

Or la vitesse de diffusion des colorants constitue un test de l'activité tissulaire, ce qui a été démontré par l'étude du sérum antihyaluronidase : la diminution de la perméabilité s'accompagne du ralentissement du métabolisme (augmentation de la durée de la cicatrisation et, en même temps, diminution de la radiosensibilité).

2. Nous possédons ainsi, après le sérum hyaluronidase, un deuxième procédé pour ralentir le métabolisme conjonctif, mais par un mode d'action très différent.

Tout d'abord, la thyroxine intéresse principalement la vitesse de destruction et de reconstitution des composés protoplasmiques. Chez le Rat, l'injection de thyroxine augmente de 37 % les échanges respiratoires quand l'animal est alimenté avec des protéines et de 14 % seulement dans le cas des glucides (Abderhalden et Herbsteiner) : ce qui établit l'intervention de la thyroxine dans le couplage de la glycolyse avec le métabolisme protéique. Au contraire, les activateurs artificiels de la glycolyse sont sans action sur les protéines. Leur association avec l'aminothiazol qui neutralise



Courbe I. Courbe II.

Courbe I. L'injection intradermique du bleu trypan est pratiquée 40 mn après l'injection de la substance expérimentée. Les courbes qui indiquent les surfaces progressivement occupées par la diffusion montrent que cette dernière est presque totalement arrêtée après l'injection de l'aminothiazol avec le bleu de méthylène et le dinitrophénol.

Courbe II. La surcharge tissulaire en glucose et en matériaux inemployés de la synthèse protéique est compensée par l'afflux d'eau et l'expulsion des sels minéraux (maximum 30 à 40 mn après le traitement de l'animal par le mélange ci-dessus indiqué).

la thyroxine entraîne une modification totale du type de la glycolyse, en la rendant indépendante de la synthèse protéique. La glycolyse reste très active, accompagnée d'hypothermie [2] (32°,5 contre 36° chez l'animal normal) et d'hyperglycémie (1,26 g contre 1 g). Cette hyperglycémie, aussi bien que l'accumulation des produits inemployés de la synthèse protéique, entraîne une surcharge des molécules dans le tissu, surcharge compensée par un afflux d'eau (+ 5,7 %) et par une expulsion des électrolytes (— 4,8 %). La courbe II montre le synchronisme de ces mouve-

ments inverses (dosages effectués sur la peau prélevée à des intervalles variables après l'injection).

Cette augmentation de l'hydratation constitue la différence essentielle avec le mode d'action du sérum antihyaluronidase. Ce dernier n'entraîne pas de surcharge de molécules dans le tissu et s'accompagne au contraire d'une diminution de l'hydratation. Cette opposition est vérifiée par l'expérience, puisque l'injection simultanée des facteurs de la glycolyse et du sérum antihyaluronidase reste sans effet sur la diffusion et le métabolisme.

En résumé, en substituant, à la thyroxine, des activateurs artificiels de la glycolyse, on diminue en même temps la perméabilité du tissu conjonctif et l'activité de son métabolisme. L'intérêt de ce traitement réside dans la radioprotection remarquable qu'il confère au tissu conjonctif.

(*) Séance du 18 septembre 1961.

(1) *Ann. Inst. Pasteur*, 96, 1959, p. 32.

(2) Contrairement à l'hyperthermie qu'il provoque quand il est employé isolément, le dinitrophénol provoque, quand il est associé avec le bleu de méthylène et l'aminothiazol, une hypothermie qui atteint son maximum 30 mn après l'injection et persiste pendant une vingtaine d'heures.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Bilan immunologique de quelques liquides extra-vasculaires.* Note de MM. **Michel Gleye** et **Georges Sandor**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le liquide de pleurésie séro-fibrineuse humaine contient le même antigène spécifique, absent du sérum sanguin, que celui que nous avons décrit antérieurement dans le liquide d'ascite cirrhotique.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons démontré la présence d'un antigène spécifique dans le liquide d'ascite cirrhotique et son absence dans le sérum sanguin humain, ainsi que l'identité des antigènes du liquide synovial et du sérum sanguin chez le Cheval.

Dans cette Note, nous présentons les résultats obtenus dans l'étude du liquide de pleurésie séro-fibrineuse d'origine tuberculeuse de l'Homme, du contenu de l'abcès à l'essence de térébenthine chez le Rat au 5e jour de son évolution et du liquide céphalo-rachidien de Bovin.

Les immunsérums sont obtenus chez des lapins par une technique exposée dans une Note antérieure ([1]). L'analyse immunologique est faite par la technique d'Ouchterlony.

Nous avons étudié deux liquides de pleurésie séro-fibrineuse, ils nous ont donné des résultats identiques. La figure 1 nous montre que le sérum humain ne sature pas complètement le sérum antiliquide pleural. Il existe donc, dans le liquide de pleurésie séro-fibrineuse d'origine tuberculeuse, un antigène qui n'existe pas dans le sérum humain normal. Sur ce même cliché, nous observons dans l'épreuve complémentaire de saturation de l'antisérum humain, par le liquide pleural, deux très fins traits à l'égard des godets du sérum humain et du liquide pleural. Ce fait que nous avons étudié ailleurs ([2]), prouve que deux composants antigéniques du sérum sont présents à l'état de traces dans le liquide de pleurésie. De plus, nous n'avons pas retrouvé cet antigène dans les milieux de culture du bacille tuberculeux. Nous avons étudié à l'immunoélectrophorèse le liquide d'ascite cirrhotique et le liquide de pleurésie séro-fibrineuse. Le trait de précipitation qui persiste après saturation de l'antisérum homologue par le sérum humain, montre que ces deux antigènes ont une mobilité des β-globulines. A l'aide de la technique d'Ouchterlony, nous voyons que ces deux antigènes sont identiques immunologiquement (*fig.* 2).

La figure 3 nous montre que le sérum de rat sature complètement le sérum antiabcès, donc l'abcès expérimental ne contient pas d'antigène spécifique. L'épreuve complémentaire de saturation de l'antisérum de rat par le contenu de l'abcès montre qu'un antigène du sérum sanguin est absent dans le contenu de l'abcès.

La figure 4 nous montre que le sérum bovin sature complètement le sérum antiliquide céphalo-rachidien. L'épreuve complémentaire de satu-

ration du sérum antisérum bovin par le liquide céphalo-rachidien montre un phénomène analogue à celui observé dans la figure 1. Donc, un antigène du sérum sanguin n'est présent qu'en faible quantité, dans le liquide céphalo-rachidien. Ainsi, le liquide céphalo-rachidien contient tous les antigènes du sérum sanguin et uniquement ceux-ci.

Nous avons, aussi, appliqué cette méthode à la comparaison du sérum de cobaye mâle et du sérum de cobaye femelle en gestation, ce qui nous a

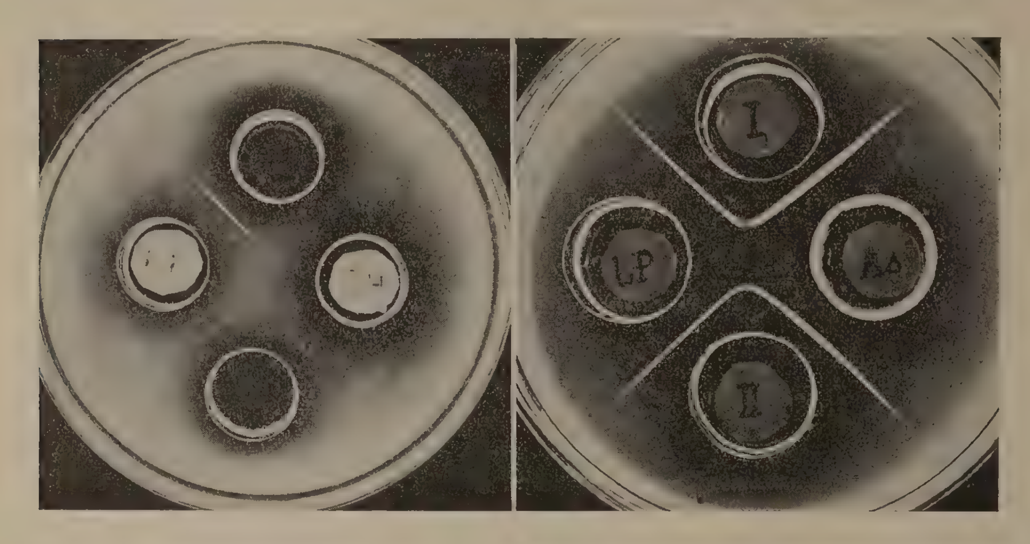


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Analyse immunologique du liquide de pleurésie séro-fibrineuse. (Méthode d'Ouchterlony.)

Godet *du haut* : Sérum antiliquide pleural saturé en sérum humain.
» *de gauche* : Liquide pleural.
» *de droite* : Sérum humain normal.
» *du bas* : Sérum antisérum humain saturé en liquide pleural.

Fig. 2. — Analyse immunologique du liquide pleural et du liquide d'ascite.

Godet I : Antiliquide d'ascite saturé en sérum humain.
» II : Antiliquide pleural saturé en sérum humain.
» LP : Liquide pleural provenant de pleurésie séro-fibrineuse.
» As : Liquide d'ascite provenant de cirrhose éthylique.

permis de constater qu'il n'y avait aucune différence antigénique entre ces deux sérums, malgré l'existence d'un syndrome biochimique très particulier à la gestation ([3]).

Nous voyons donc que l'utilisation simultanée de sérums antisérums et de sérums antiliquides extra-vasculaires nous permet d'établir un véritable bilan immunologique des liquides extra-vasculaires. Au point de vue physiopathologique, nous ne savons pas si cet antigène spécifique, trouvé dans le liquide d'ascite et de pleurésie, est lié à un processus pathologique ou bien, s'il est normalement présent dans les liquides baignant les grandes

séreuses. Notons, toutefois, que nous ne trouvons pas d'antigène spécifique dans l'abcès expérimental du Rat. Quoi qu'il en soit, l'antigène présent dans le liquide pleural et péritonéal ne peut être drainé logiquement que par les lymphatiques et son absence de la grande circulation nous suggère l'existence d'un mécanisme de filtrage remarquablement sélectif, soit au niveau des ganglions, soit au niveau du poumon.

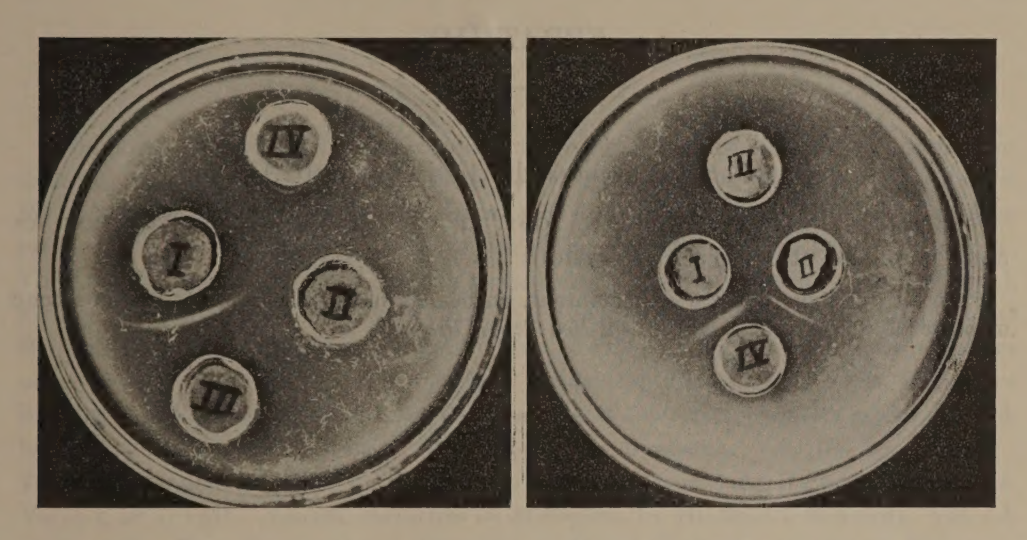


Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 3. — Analyse immunologique du liquide d'abcès expérimental à l'essence de térébenthine chez le Rat. (Méthode d'Ouchterlony.)

Godet I : Sérum de rat.
» II : Contenu de l'abcès.
» III : Antisérum de rat saturé en contenu de l'abcès.
» IV : Sérum antiabcès saturé en sérum de rat.

Fig. 4. — Analyse immunologique du liquide céphalo-rachidien de bovin. (Méthode d'Ouchterlony.)

Godet I : Sérum de bovin.
» II : Liquide céphalo-rachidien.
» III : Sérum antiliquide céphalo-rachidien saturé en sérum bovin.
» IV : Sérum antisérum de bovin saturé en liquide céphalo-rachidien.

(1) M. Gleye et G. Sandor, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 1680.
(2) G. Sandor et M. Gleye, *C. R. Soc. Biol.*, 154, n° 4, 1960, p. 725.
(3) M. Gleye, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 1586.

La séance est levée à 15 h 25 mn.

L. B.

ERRATUMS.

(*Comptes rendus* du 17 juillet 1961.)

Note présentée le 10 juillet 1961, de M. *Robert Meynieux*, Sur les conditions de stabilité; applications :

Page 374, 4e ligne du no 5 en remontant, au dénominateur du second terme du second membre de la seconde équation, *au lieu de* a_9, *lire* a_1.

(*Comptes rendus* du 24 juillet 1961.)

Note présentée le même jour, de M. *Jacques Gayet*, Facteurs physico-chimiques intervenant dans la perméabilité de la membrane des mitonchondries isolées de l'écorce cérébrale :

Page 716, 26e ligne, *au lieu de* l'acide de sodium, *lire* l'azide de sodium.
» » 29e ligne, *au lieu de* la saponite, *lire* la saponine.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'aout 1961.

Koninklije Nederlandsche Akademie van Wetenschappen. Reprinted from *Proceedings*, vol. XLIX, n° 7, 1946 : *Notes on a specimen of* Lernæodiscus squamiferæ *Pérez* (*Crustacea Rhizocephala*), by Hilbrand Boschma. Vol. L, n° 1, 1947 : *Three successive layers of external cuticle in* Sacculina leptodiæ, by Hilbrand Boschma. Vol. L, n° 2, 1947 : *The Rhizocephalan parasites of the Crab* Chlorodiella nigra (*Forsk.*), by Hilbrand Boschma. Vol. L, n° 3, 1947 : *The Rhizocephalan parasites of the Crab* Hirsutissima (*Rüpp*), by Hilbrand Boschma. Vol. L, n° 9, 1947 : *The external shape as a specific character in* Loxothylacus (*Crustacea Rhizocephala*), by Hilbrand Boschma. Vol. LI, n° 4, 1948 : *Sur les organelles d'absorption chez une espèce d'*Amallocystis (*Protozoa, Ellobiopsidae*), par Hilbrand Boschma. Vol. LI, n° 5, 1948 : *The Rhizocephalan parasites of the Crab* Atergatis floridus (*L.*), by Hilbrand Boschma, Vol. LI, n° 7, 1948 : *Specific characters in Millepora*, by Hilbrand Boschma. Vol. LI, n° 8, 1948 : *Some Rhizocephalan Parasites of Maiid Crabs*, by Hilbrand Boschma. Vol. LII, n° 1, 1949 : *The Ampullae of Millepora*, by Hilbrand Boschma. Vol. LII, n° 8, 1949 : *Rhizocephalan parasites of crabs of the genus Metopograpsus*, by Hilbrand Boschma. Vol. LII, n° 9, 1949 : Sacculina cuspidata *nov. spec., with notes on variation in* Loxothylacus carinatus (*Kossm.*), by Hilbrand Boschma. Vol. LII, n° 10, 1949 : *The occurrence of eggs in one of the testes of a Rhizocephalan*, by Hilbrand Boschma. Vol. LIII, n° 2, 1950 : *Further notes on variations in* Loxothylacus carinatus (*Kossm.*), by Hilbrand Boschma. Vol. LIII, n° 3, 1950 : *Absorption of tooth tissue in the sperm whale*, by Hilbrand Boschma. Vol. LIII, n° 3, 1950 : *Notes on the coral reefs near Suva in the Fiji Islands*, by Hilbrand Boschma. Vol. LIII, n° 6, 1950 : *Maxillary teeth in specimens of* Hyperoodon rostratus (*Müller*) *and* Mesoplodon grayi *von Haast stranded on the Dutch coast*, by Hilbrand Boschma. Vol. LIII, n° 7, 1950 : *Some Rhizocephalan parasites of Xanthid crabs*, by Hilbrand Boschma. Vol. LIII, n° 8. 1950 : Sacculina pulchella, *a Rhizocephalan parasite of three different hosts*, by Hilbrand Boschma. Vol. LIII, n° 9, 1950 : *A Rhizocephalan parasite of the Crab* Ptychognathus barbatus (*A. M. E.*) *from Termate*, by Hilbrand Boschma. Series C, Vol. LIX, n° 1, 1951 : *Notes on* Sacculina gracilis, by Hilbrand Boschma. Series C, Vol. LIX, n° 1, 1951 : Sacculina ornatula, *a new species from Japanese waters*, by Hilbrand Boschma. Series C, Vol. LIV, n° 2, 1951 : *On two specimens of* Sacculina gracilis, *parasites of Goneplacid crabs*, by Hilbrand Boschma. Series C, Vol. LIV, n° 4, 1951 : Temnascus foresti, *n. g., n. sp., Rhizocephale de* Calcinus spicatus *Forest des îles Gambier*, par Hilbrand Boschma. Overgenomen uit Verslag D_1, LX, n° 5, 1951 : *Deling bij Tubastrea*, door Hilbrand Boschma. Amsterdam, North-Holland publishing Company; 25 fasc. 26 cm.

Ministerie van Onderwijs Kunsten en Wetenschappen. Zoologische Verhandelingen uitgegeven door het Rijksmuseum van Natuurlijke historie to Leiden, n° 1, 1948 : *The species problem in Millepora*, by Hilbrand Boschma; n° 3, 1948 : Sacculina leptodiæ *Guérin-Ganivet, a parasite of three different crabs*, by Hilbrand Boschma; n° 13, 1949 : *Notes on* Sacculina carpiliæ *Guérin-Ganivet* (*Crustacea Rhizocephala*), by Hilbrand Boschma; n° 7, 1950 : *Notes on Sacculinidae chiefly in the collection of the United States national Museum*, by Hilbrand Boschma; n° 5, 1950 : *Further notes on the ampullae of Millepora*, by Hilbrand Boschma; n° 9, 1951 : *The coral* Montipora monasteriata (*Forsk.*) *in the Fiji Islands*, by Hilbrand Boschma; n° 13, 19151 : *Notes on Hydrocorallia*, by Hilbrand Boschma; n° 14, 1951 : *Rows of small teeth in Ziphioid Whales*, by Hilbrand Boschma; n° 8, 1953 : *Notes on some indo-pacific species of the genus* Sacculina, by Hilbrand Boschma; n° 16, 1953 : *The Stylasterina of the Pacific*, by Hilbrand Boschma; n° 17, 1953 : *The Rhizocephala of the Pacific*, by Hilbrand Boschma; n° 27, 1955 : *The described species of the family Sacculinidae*, by Hilbrand Boschma; n° 23, 1955 : *The Rhizocephalan parasite of the Crab* Xantho incisus (*Leach*), by Hilbrand Boschma; n° 24, 1955 : *Rhizocephalan parasites of the Crab* Pugettia Brevirostris, *with notes on* Sacculina gracilis, by Hilbrand Boschma; n° 3, 1955 : *Rhizocephala from New Guinea*. I. Sacculina carenata *Kossmann and* Loxothylacus Kossmanni *nov. spec.* II. Peltogastridæ. III. Loxothylacus variabilis *Boschma*. IV. *Notes on Parasites of various crabs*, by Hilbrand Boschma; n° 33, 1957 : *List of the described species of the order Stylasterina*, by Hilbrand Boschma; n° 12, 1957 : *Notes on Rhizocephala of the genus* Loxothylacus, by Hilbrand Boschma; n° 19, 1957 : *Stylasterina in the collection of the Paris Museum*. III. Stylaster Flabelliformis (*Lamarck*), by Hilbrand Boschma; n° 3, 1958 : *Notes on Rhizocephala infesting species of the Anomuran genus* Galathea, by Hilbrand Boschma; n° 4, 1960 : *The Stylasterine coral* Allopora stellulata (*Stewart*), by Hilbrand Boschma. Leiden, E. J. Brill; 23 fasc. 25,5 cm.

(*A suivre.*)